COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 JUILLET 1872.

PRÉSIDENCE DE M. FAYE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ANIMALE. — *Sur la répartition du fer dans les matériaux du sang;* *par* **M. Boussingault.**

« Je me suis proposé de rechercher comment le fer est réparti dans les trois principes essentiels du sang rouge : la fibrine, la matière des globules, l'albumine.

» Le sang provenait d'une vache demi-grasse.

Fibrine.

» On l'a retirée par le battage du sang, encore chaud; lavée, elle était peu colorée.

» 100 grammes de fibrine bien égouttée ont donné :

Matière sèche...........	29gr,15
Cendres grises...........	0,627

dans lesquelles on a dosé :

Fer....................	0gr,01357

» Rapportant à la matière desséchée, dans 100 grammes :

Substances minérales......	2gr,1511
Fer (métal)..............	0,0466

Globules.

» On les a préparés par le procédé de M. Dumas (1), fondé sur cette propriété bien remarquable qu'ont les globules d'être insolubles dans le sérum saturé de sulfate de soude, tant que le liquide où ils sont en suspension est traversé par un courant d'air : 4 grammes de globules, desséchés dans le vide, ont laissé après combustion :

Cendres rouges volumineuses.... 0gr,053 pour 100.... 1gr,325

» On a dosé :

Fer (métal)................ 0gr,01399 pour 100.... 0gr,350

» Les cendres n'étaient pas uniquement formées de sesquioxyde ; elles renfermaient en outre de l'acide phosphorique, de la chaux et de la magnésie.

Albumine-sérum.

» Le sérum avait une légère teinte rouge; cependant il ne contenait pas de globules.

» Dans 103 grammes on a dosé :

	gr		gr
Matières sèches.........	9,78	pour 100....	9,50
Substances minérales.....	0,853	—	0,828
Fer, exprimé en métal...	0,00842	—	0,0082

» Rapportent à 100 de sérum sec :

	gr
Substances minérales........................	8,715
Fer (métal).................................	0,0863

Résumé des dosages.

» Dans 100 de matières sèches :

	Substances minérales.	Fer, exprimé en métal.
	gr	gr
Fibrine........................	2,151	0,0466
Globules.......................	1,325	0,3500
Albumine.......................	8,715	0,0863

» Ainsi, dans les globules, on a dosé sept fois autant de fer que dans la fibrine ; quatre fois autant que dans l'albumine.

» Voyons si avec ces données on retombe sur la quantité de fer trouvée dans le sang par les dosages exécutés directement sur ce fluide.

---

(1) Dumas, *Recherches sur le sang* (*Annales de Chimie et de Physique*, 3e série, t. XVII, p. 452).

» La composition du sang a été établie ainsi qu'il suit. A chacun des principes azotés on a alloué la quantité de fer qu'il devait renfermer, d'après les précédentes déterminations.

	Sang de l'homme (1).	Fer.	Sang de vache (2).	Fer.
	gr	gr	gr	gr
Fibrine	0,3	0,00014	0,4	0,00019
Albumine	7,0	0,00604	7,4	0,00639
Globules	12,7	0,04445	10,5	0,03675
Substances minérales	1,0	»	1,0	»
Eau	79,0	»	80,7	»
	100,0	0,05063	100,0	0,04333

» Par le dosage direct on avait trouvé :

	Fer (métal).
	gr
Dans 100 grammes de sang de l'homme	0,051
Dans 100 grammes de sang de bœuf	0,048

» En prenant la totalité des dosages faits dans le sang des herbivores, on a, pour 100 grammes,

Fer (métal) . . . . 0gr,038 à 0gr,055

» Le fer calculé, d'après sa répartition dans la fibrine, l'albumine et les globules, s'accorde avec le fer dosé dans le sang.

» La forte proportion de fer dans les globules tient à la présence de la matière colorante.

» L'hématosine extraite du sang défibriné est d'un brun foncé, insipide, insoluble dans l'eau pure, soluble dans l'eau rendue légèrement alcaline. Les cendres qu'elle laisse sont riches en sesquioxyde de fer. De l'hématosine préparée par MM. Tabourin et Lemaire, professeurs à l'École vétérinaire de Lyon, après avoir été séchée dans l'extricateur, a donné pour 100

Cendres rouges 10,750

dans lesquelles on a dosé

Fer 6,330

6,33 de métal équivalant à 9,043 de sesquioxyde, il reste 1,707 de substances minérales unies ou mêlées à l'oxyde de fer. La réaction du nitrat de cérium ayant indiqué la présence de l'acide phosphorique, on a procé

(1) DUMAS.
(2) GAVARET.

à l'analyse des cendres de l'hématosine. Dans 100 on a trouvé

Sesquioxyde de fer........	84,121
Acide phosphorique	13,512
Chaux	2,986
	100,619

» Si l'on considère la chaux comme étant à l'état de phosphate tribasique, $PhO^5, 3CaO$, et l'acide phosphorique restant après la saturation de la chaux comme constituant le phosphate de sesquioxyde, $3PhO^5, 2Fe^2O^3$, la composition des cendres pourrait être représentée par

Sesquioxyde de fer	75,97
Phosphate de fer...........	19,14
Phosphate de chaux.........	5,51
	109,62

sans se préoccuper de la nature des phosphates formés par l'acide phosphorique, la composition de l'hématosine devient

Matière organique	89,25
Sesquioxyde de fer..........	9,04
Acide phosphorique	1,45
Chaux......................	0,32
	100,06 »

MÉCANIQUE. — *Sur un nouveau théorème de Mécanique générale.* Note de M. **Yvon Villarceau.**

« J'ai l'honneur d'annoncer à l'Académie l'existence d'un nouveau théorème de Mécanique générale, qui me paraît devoir prendre place à côté du principe des forces vives.

» En examinant une question tout à fait étrangère à la Thermodynamique, j'ai été conduit à former, entre les équations du mouvement d'un point matériel, des combinaisons très-simples qui m'ont mis en présence d'un nouveau théorème de Mécanique. Aucun Traité, en effet, ne contient ce théorème, et je ne pouvais comprendre que la facilité avec laquelle on l'obtient ne l'eût pas fait découvrir depuis longtemps. Je m'empressai de le communiquer à notre savant confrère M. Bertrand, qui voulut bien m'indiquer, comme pouvant avoir quelque analogie avec ce théorème, les communications faites à notre Académie par M. Clausius.

» On trouve, en effet, dans la séance du 20 juin 1870, une Note de

notre savant Correspondant, intitulée : PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une quantité analogue au potentiel et sur un théorème y relatif.*

» La date de la Communication de l'éminent auteur explique comment son travail a pu rester à peu près inaperçu, au moins en France, et ne pas donner lieu à de nouvelles recherches. Insuffisamment renseigné à cet égard, je demande à l'Académie la permission de lui exposer le nouveau théorème, sous toutes réserves des droits d'autres savants qui pourraient m'avoir précédé. Un grand nombre de mécaniciens en ignorent assurément l'existence; en le portant à leur connaissance, l'Académie aura, dans tous les cas, rendu un nouveau service à la Science.

» *Démonstration.* — Les équations du mouvement d'un point matériel m, parallèlement à trois axes fixes, sont

$$(1) \qquad m\frac{d^2x}{dt^2} = X, \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = Y, \quad m\frac{d^2z}{dt^2} = Z;$$

en les multipliant respectivement par les coordonnées x, y, z du point m et ajoutant membre à membre les résultats, on obtient d'abord

$$(2) \qquad m\left(x\frac{d^2x}{dt^2} + y\frac{d^2y}{dt^2} + z\frac{d^2z}{dt^2}\right) = Xx + Yy + Zz;$$

mais on a évidemment

$$(3) \qquad \begin{cases} m\dfrac{d\left(x\dfrac{dx}{dt} + y\dfrac{dy}{dt} + z\dfrac{dz}{dt}\right)}{dt} \\ \quad = m\left(\dfrac{dx^2}{dt^2} + \dfrac{dy^2}{dt^2} + \dfrac{dz^2}{dt^2}\right) + m\left(x\dfrac{d^2x}{dt^2} + y\dfrac{d^2y}{dt^2} + z\dfrac{d^2z}{dt^2}\right). \end{cases}$$

Or, si l'on désigne par r le rayon vecteur du point m et par v sa vitesse, d'où

$$(4) \qquad x^2 + y^2 + z^2 = r^2, \qquad \frac{dx^2}{dt^2} + \frac{dy^2}{dt^2} + \frac{dz^2}{dt^2} = v^2;$$

l'équation précédente, en ayant égard à la relation (2), peut s'écrire

$$(5) \qquad \frac{1}{2}\frac{d^2.mr^2}{dt^2} = mv^2 + Xx + Yy + Zz.$$

Chacune des masses dont se compose un système fournira une équation pareille, et l'on obtiendra, en ajoutant toutes les équations et transposant,

$$(6) \qquad \Sigma mv^2 = \frac{1}{2}\frac{d^2\Sigma mr^2}{dt^2} - \Sigma(Xx + Yy + Zz).$$

» Les composantes X, Y, Z sont relatives, les unes aux forces mutuelles, les autres aux forces extérieures au système : distinguons les termes correspondant à ces deux genres de forces, et soient par exemple : f la force supposée attractive, que les deux masses m et m' exercent l'une sur l'autre, Δ leur distance ; on aura, relativement à ces masses,

$$\mathrm{X}x = f\frac{(x'-x)}{\Delta}x, \quad \mathrm{X}'x' = f\frac{(x-x')}{\Delta}x',$$

et

$$\mathrm{X}x + \mathrm{X}'x' = -f\frac{(x-x')(x-x')}{\Delta} = -f\frac{(x-x')^2}{\Delta};$$

il viendrait pareillement

$$\mathrm{Y}y + \mathrm{Y}'y' = -f\frac{(y-y')^2}{\Delta}, \quad \mathrm{Z}z + \mathrm{Z}'z' = -f\frac{(z-z')^2}{\Delta}.$$

Il s'ensuit que les termes de $\Sigma(\mathrm{X}x + \mathrm{Y}y + \mathrm{Z}z)$ qui répondent aux deux masses considérées se réduisent à $-f\Delta$. Si donc on convient que $\Sigma f\Delta$ s'étende à toutes les combinaisons des masses prises deux à deux, et que les lettres X, Y, Z se rapportent désormais aux seules forces extérieures, l'équation (6) deviendra

$$(7) \qquad \Sigma mv^2 = \frac{1}{2}\frac{d^2\Sigma mr^2}{dt^2} + \Sigma f\Delta - \Sigma(\mathrm{X}x + \mathrm{Y}y + \mathrm{Z}z).$$

» Il est clair que, si les forces mutuelles étaient répulsives, au lieu d'être attractives, il suffirait de considérer les valeurs de f comme négatives.

» Soit R la force dont les composantes sont X, Y, Z ; on aura

$$\mathrm{X}x + \mathrm{Y}y + \mathrm{Z}z$$
$$= \mathrm{R}r[\cos(\mathrm{R},x)\cos(r,x) + \cos(\mathrm{R},y)\cos(r,y) + \cos(\mathrm{R},z)\cos(r,z)];$$

ce qui permettra de donner à l'équation (7) cette autre forme

$$(8) \qquad \sum \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{4}\frac{d^2\Sigma mr^2}{dt^2} + \frac{1}{2}\Sigma f\Delta - \frac{1}{2}\Sigma \mathrm{R}r\cos(\mathrm{R},r).$$

» Pour nous figurer la signification du terme $\frac{1}{2}\Sigma f\Delta$, imaginons que toutes les masses m soient transportées en un même point de l'espace, et que, dans ce transport, leurs actions mutuelles conservent des valeurs constantes et égales à la moitié de celles qui ont lieu effectivement dans la situation réelle du système ; le terme $\frac{1}{2}\Sigma f\Delta$ représentera le travail dû aux actions mutuelles, à la suite de cette transformation.

» Pareillement, si l'on observe que l'angle (R, r) est le supplément de celui que forme la direction de R avec la droite qui va du point m à l'origine des coordonnées, on reconnaîtra aisément que le terme $-\frac{1}{2}\Sigma R r \cos(R, r)$ représente le travail qui serait développé si toutes les masses m étaient transportées à l'origine des coordonnées et si, dans ce transport, les directions des forces R restant les mêmes, leurs intensités devenaient constantes et égales à la moitié des intensités réelles de ces forces.

» L'équation (8) constitue le nouveau théorème; par son origine et la présence des termes dus aux actions mutuelles, ce théorème prend place dans la science de la Mécanique, à côté du principe des forces vives, ainsi qu'il a été dit en commençant. Nous allons montrer que le théorème subsiste, lorsque l'origine des coordonnées coïncide avec le centre de gravité du système considéré, les axes conservant d'ailleurs des directions fixes.

» Pour cela, nous commencerons par établir une équation de la forme (7) qui contienne, à la place des vitesses et coordonnées des masses élémentaires, la vitesse v_1, les coordonnées x_1, y_1, z_1, et le rayon vecteur r_1 du centre de gravité du système. Désignant par M la somme des masses m, m',..., on aura d'abord

$$M x_1 = \Sigma m x, \quad M y_1 = \Sigma m y, \quad M z_1 = \Sigma m z. \tag{9}$$

Multiplions les équations (1) respectivement par x_1, y_1, z_1, et ajoutons; il viendra

$$x_1 \Sigma m \frac{d^2 x}{dt^2} + y_1 \Sigma m \frac{d^2 y}{dt^2} + z_1 \Sigma m \frac{d^2 z}{dt^2} = x_1 \Sigma X + y_1 \Sigma Y + z_1 \Sigma Z,$$

ou, en ayant égard aux relations (9),

$$M\left(x_1 \frac{d^2 x_1}{dt^2} + y_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + z_1 \frac{d^2 z_1}{dt^2}\right) = x_1 \Sigma X + y_1 \Sigma Y + z_1 \Sigma Z,$$

équation qui se transforme, en vertu de relations analogues à (3) et (4), en

$$M v_1^2 = \frac{1}{2} \frac{d^2 . M r_1^2}{dt^2} - (x_1 \Sigma X + y_1 \Sigma Y + z_1 \Sigma Z). \tag{10}$$

On devra remarquer que les composantes des actions mutuelles disparaissent des sommes Σ, comme égales et opposées deux à deux : dès lors, l'équation (10) est applicable, sans incertitude, aux questions astronomiques où l'on considère les mouvements des centres de gravité des systèmes.

» Soient actuellement

$$x = x_1 + \xi, \quad y = y_1 + \eta, \quad z = z_1 + \zeta,$$

en sorte que les coordonnées ξ, η, ζ soient celles du point m rapportées aux axes qui se croisent au centre de gravité du système; on aura, w désignant la vitesse relative à ces axes,

$$\frac{dx}{dt} = \frac{dx_1}{dt} + \frac{d\xi}{dt}, \quad \frac{dy}{dt} = \frac{dy_1}{dt} + \frac{d\eta}{dt}, \quad \frac{dz}{dt} = \frac{dz_1}{dt} + \frac{d\zeta}{dt};$$

$$v^2 = v_1^2 + 2\left(\frac{dx_1}{dt}\frac{d\xi}{dt} + \frac{dy_1}{dt}\frac{d\eta}{dt} + \frac{dz_1}{dt}\frac{d\zeta}{dt}\right) + w^2;$$

$$x^2 = x_1^2 + 2x_1\xi + \xi^2, \quad y^2 = y_1^2 + 2y_1\eta + \eta^2, \quad z^2 = z_1^2 + 2z_1\zeta + \zeta^2;$$

puis, si l'on désigne par ρ la distance de m au centre de gravité,

$$r^2 = r_1^2 + 2(x_1\xi + y_1\eta + z_1\zeta) + \rho^2.$$

Or on a, par définition,

$$\Sigma m\xi = 0, \quad \Sigma m\eta = 0, \quad \Sigma m\zeta = 0;$$

il s'ensuit

$$\Sigma mv^2 = Mv_1^2 + \Sigma mw^2, \quad \Sigma mr^2 = Mr_1^2 + \Sigma m\rho^2.$$

Transportant ces diverses valeurs dans l'équation (7), il viendra

$$Mv_1^2 + \Sigma mw^2 = \frac{1}{2}\frac{d^2Mr_1^2}{dt^2} + \frac{1}{2}\frac{d^2\Sigma m\rho^2}{dt^2} + \Sigma f\Delta - (x_1\Sigma X + y_1\Sigma Y + z_1\Sigma Z) - \Sigma(X\xi + Y\eta + Z\zeta).$$

Retranchant l'équation (10) de celle que l'on vient de former, on obtient

$$\Sigma mw^2 = \frac{1}{2}\frac{d^2\Sigma m\rho^2}{dt^2} + \Sigma f\Delta - \Sigma(X\xi + Y\eta + Z\zeta),$$

résultat d'une forme identique avec l'équation (7), et qui montre, comme on l'a annoncé, que cette équation convient à la fois à l'emploi d'axes fixes et à celui d'axes mobiles passant par le centre de gravité du système, propriété qui lui est commune avec le principe des aires et avec le principe des forces vives.

» Terminons cet exposé général par une remarque sur l'équation (10). Si nous désignons par $d\alpha$ l'angle de deux rayons vecteurs consécutifs du centre de gravité, et par R_1 la résultante de translation des forces exté-

rieures au système, nous aurons

$$v_1^2 = r_1^2 \frac{d\alpha^2}{dt^2} + \frac{dr_1^2}{dt^2},$$

et l'équation (10) se réduira à

(11) $$\mathrm{M} r_1 \frac{d\alpha^2}{dt^2} = \mathrm{M} \frac{d^2 r_1}{dt^2} - \mathrm{R}_1 \cos(\mathrm{R}_1, r_1).$$

» *Applications du nouveau théorème à une masse gazeuse, en équilibre apparent.* — Le dernier terme $-\frac{1}{2}\Sigma r \cos(\mathrm{R}, r)$ de l'équation (8) dépend des forces extérieures, telles que la pesanteur, et des pressions exercées par l'enveloppe qui contient la masse gazeuse. Si, comme cela est d'usage, on néglige l'action de la pesanteur, la pression est la même sur les divers éléments $d\omega$ d'égale étendue qui limitent la masse considérée, et elle est normale à ces divers éléments. Soient : ϖ la pression par unité superficielle, N la direction de la partie intérieure de la normale à l'élément $d\omega$; le terme que nous considérons se transformera en $-\frac{1}{2}\varpi \int r \cos(\mathrm{N}, r)\, d\omega$. Supposons que l'origine des coordonnées soit à l'intérieur de la masse gazeuse : nous observerons que $-\cos(\mathrm{N}, r)$ est le cosinus de l'angle formé par la direction de N avec le prolongement de r; il s'ensuit que si l'on circonscrit à l'élément $d\omega$ un cône dont le sommet soit à l'origine des coordonnées, $-r\cos(\mathrm{N}, r)$ sera la hauteur de ce cône; le produit $-r\cos(\mathrm{N}, r)\, d\omega$ égale donc trois fois le volume $d\mathrm{V}$ de ce cône élémentaire, et le terme en question devient simplement $\frac{3}{2}\varpi \mathrm{V}$, V désignant le volume total de la masse gazeuse. (Nous ne nous arrêterons pas à démontrer que cette valeur est indépendante de la situation de l'origine des coordonnées par rapport au volume V.) En conséquence, l'équation (8) donne

(12) $$\sum \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{4} \frac{d^2 \Sigma m r^2}{dt^2} + \frac{1}{2} \sum f\Delta + \frac{3}{2} \varpi \mathrm{V}.$$

» Maintenant on observera que la densité du gaz étant, par hypothèse, constante dans toute l'étendue de la masse, une portion très-petite du volume total contiendra toujours une même masse de gaz ; en sorte que la quantité $\Sigma m r^2$ pourra être considérée comme constante. Si enfin on admet, comme la plupart des auteurs, que les forces mutuelles sont nulles, ou insensibles dans les gaz parfaits, la relation précédente se réduira à

(13) $$\Sigma \tfrac{1}{2} m v^2 = \tfrac{3}{2} \varpi \mathrm{V},$$

résultat obtenu par d'autres voies, et qui montre comment la pression résulterait du mouvement des molécules gazeuses.

» L'application que nous venons de présenter du nouveau théorème s'offre, pour ainsi dire, naturellement à l'esprit; car M. Clausius a fait, de son côté, la même application du théorème qu'il a établi.

» La relation (13) suppose que le terme $\frac{1}{2}\Sigma f\Delta$ est négligeable dans les gaz; on peut cependant conserver quelques doutes à cet égard. En effet, les forces f sont loin d'être très-petites; car si elles étaient nulles, les vitesses des masses m conserveraient leurs directions jusqu'à leur rencontre avec les parois de l'enveloppe qui les contient, et deux gaz superposés dans une même enceinte se mélangeraient, pour ainsi dire, instantanément; ce qui n'a pas lieu. Il faut donc que, pour de petites valeurs de Δ, les forces f acquièrent des intensités assez grandes; mais, à cause de cela, il est impossible de se représenter *à priori* l'ordre de grandeur du produit $f\Delta$.

» Supposons actuellement que la même masse gazeuse restant comprise sous un volume constant V, égal à celui de l'unité de poids, on fasse intervenir l'action de la chaleur : sous l'influence d'une quantité de chaleur δQ ajoutée à cette masse, la pression ϖ variera de $\delta\varpi$, et la somme des forces vives de $\delta\,\Sigma\frac{1}{2}mv^2$, tandis que Σmr^2 et $\Sigma f\Delta$ ne subiront pas de variations appréciables; l'équation (12) donnera ainsi

(14) $$\delta\sum\frac{1}{2}mv^2 = \frac{3}{2}\mathrm{V}\,\delta\varpi.$$

» D'une autre part, appliquons le principe des forces vives à ce changement d'état : les travaux dus aux actions mutuelles étant considérés comme nuls (*) et ceux des forces extérieures étant nuls en réalité, la variation des forces vives est uniquement due à l'action de la chaleur. E désignant l'équivalent mécanique de la chaleur, c la chaleur spécifique à volume constant, et $\delta\theta$ la variation de température, on aura

(15) $$\delta\sum\frac{1}{2}mv^2 = \mathrm{E}\delta\mathrm{Q} = \mathrm{E}c\,\delta\theta.$$

» De ces relations on déduit, en passant des différences finies aux différentielles,

(16) $$\frac{3}{2}\mathrm{V}\,d\varpi = \mathrm{E}c\,d\theta:$$

(*) On admet que les forces f ne dépendent que des distances Δ.

or les lois de Mariotte et de Gay-Lussac fournissent la relation

$$V\varpi = \alpha\varpi_0 V_0(\alpha + \theta);$$

d'où

$$V\,d\varpi = \alpha\varpi_0 V_0\,d\theta,$$

et l'on a, en substituant dans l'équation (16),

(17) $$\frac{3}{2}\alpha\varpi_0 V_0 = Ec.$$

Cette formule fournirait la valeur de c au moyen de l'équivalent E.

» Soit C la chaleur spécifique à pression constante; et admettons comme établie par la théorie mécanique de la chaleur la relation

(18) $$\alpha\varpi_0 V_0 = E(C - c),$$

qui se déduit de la loi de Joule; on tirera de celle-ci et de la précédente

(19) $$\frac{C}{c} = \frac{5}{3},$$

résultat qui ne s'accorde avec le rapport admis des deux chaleurs spécifiques qu'à $\frac{1}{6}$ près. La cause de cette discordance pourrait être recherchée, soit dans les expériences qui ont fourni les valeurs de ce rapport, soit dans la relation (18) qui ne serait qu'approximative; toutefois on doit reconnaître que l'invariabilité de V ne suffit pas pour démontrer rigoureusement la petitesse des termes négligés (travail des actions mutuelles et variations de Σmr^2 et de $\Sigma f\Delta$).

» Nous terminerons en présentant la comparaison du nouveau théorème avec celui de M. Clausius.

» Le savant Correspondant de l'Académie désigne, sous le nom de *viriel* d'un système, la valeur moyenne de la quantité

$$\sum -\tfrac{1}{2}(Xx + Yy + Zz)$$

étendue à ce système; il représente analytiquement cette moyenne, en surmontant d'un trait horizontal les lettres comprises entre les parenthèses de l'expression précédente, et y supprimant le signe Σ. L'énoncé du théorème de M. Clausius est :

» *La force vive moyenne est égale au viriel,*

et son expression analytique

$$\sum \frac{m}{2} v^2 = -\tfrac{1}{2}(\overline{Xx + Yy + Zz}).$$

Or, en divisant par 2, le théorème écrit sous la forme (7) devient

$$\sum \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{4} \frac{d^2 \Sigma m r^2}{dt^2} + \frac{1}{2} \sum f\Delta - \frac{1}{2} \sum (Xx + Yy + Zz).$$

» Il nous semble que ces deux théorèmes ne sauraient être confondus; car, dans l'un, il s'agit de la force vive *moyenne*, tandis que, dans l'autre, figure la force vive réelle; la même considération s'applique au *viriel* et à la quantité dont le viriel est la valeur moyenne : les termes $\frac{1}{4} \frac{d^2 \Sigma m r^2}{dt^2} + \frac{1}{2} \sum f\Delta$ ont disparu du théorème de M. Clausius, par suite de l'emploi des moyennes et autres considérations. Le nouveau théorème présente donc une généralité qui manque à celui de M. Clausius.

» Qu'il nous soit permis, en terminant, d'émettre l'opinion que, si M. Clausius est arrivé à la forme qu'il a donnée à son théorème, cela tient à sa vive préoccupation de rechercher de nouveaux moyens de faire avancer la science à laquelle il s'est dévoué, préoccupation qui l'a fait négliger ce qui ne lui paraissait pas se rattacher directement à la Thermodynamique. On ne saurait évidemment lui en faire le moindre reproche. »

MINÉRALOGIE. — *Examen des météorites d'Ovifak (Groënland), au point de vue du carbone et des sels solubles qu'ils renferment; par* **M. DAUBRÉE.**

« Dans une Communication que j'ai eu récemment l'honneur de présenter à l'Académie (1), j'ai mentionné plusieurs caractères remarquables que présente l'une des masses de fer natif découvertes à Ovifak, au Groënland.

» La présence du fer natif nickélifère, du phosphure nommé schreibersite, ainsi que d'autres caractères, paraissent autoriser à désigner ces roches sous le nom de météorites, que, afin d'éviter des périphrases, nous leur conserverons ici.

» D'après les échantillons qu'a bien voulu m'adresser M. Nordenskiöld, les roches à fer natif d'Ovifak appartiennent au moins à trois types. Le premier, celui que j'ai déjà examiné, est à éclat métallique et presque

---

(1) *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 1541, séance du 24 juin 1872.

noir; un deuxième, également à éclat métallique, est d'un gris clair; dans le troisième, la substance métallique, au lieu d'être continue, n'apparaît qu'en globules ou en grains, dans une pâte lithoïde : cette dernière, d'un vert très-foncé et de nature silicatée, forme la plus grande partie de la roche.

» Les deux derniers types, que, pour abréger, je désignerai sous les numéros 2 et 3, sont aussi très-dignes d'intérêt, particulièrement par leur contenu en carbone et en sels solubles. Leur étude conduit d'ailleurs à des déductions dignes d'intérêt, relativement à la constitution des masses internes de notre globe.

Proportion de carbone, libre et combiné.

» Le deuxième type de météorites d'Ovifak n'est pas homogène, comme pourraient le faire supposer, au premier abord, un éclat et une couleur sensiblement uniformes, qui rappellent le fer ordinaire. Lorsqu'on essaye de la pulvériser dans un tas d'acier, la roche se sépare en deux parties : l'une se réduit en poussière fine, l'autre résiste et se dispose en lamelles, que l'on ne peut diviser que sous des efforts de torsion.

» Le fer total a été dosé séparément; dans chacune de ces deux parties : elles ont donné, la première 74,2, la seconde 82,4 pour 100. La partie pulvérisable étant en faible proportion par rapport à la seconde, la quantité de fer totale contenu dans l'ensemble de la substance doit se rapprocher plutôt du dernier nombre, que nous adopterons ici.

» D'autre part, on a dosé, dans la substance non triée, par les méthodes précédemment indiquées, le fer combiné, le carbone combiné, le carbone libre, le silicium et l'eau.

» Les globules métalliques du troisième type ont été isolés mécaniquement de la partie pierreuse où ils sont disséminés. Leur surface, polie et traitée par un acide, présente des figures annonçant que les globules sont loin d'être homogènes. L'analyse a, en effet, fait reconnaître, entre autres mélanges, la présence de silicates disséminés dans toute la masse, en parties très-fines. Dans l'un des globules, la silice correspondant à ces silicates s'élève à 11.9 pour 100 du poids total.

» Ces globules ont été soumis aux mêmes opérations que la roche du deuxième type.

» Le tableau ci-après permet de comparer facilement la teneur en carbone du fer natif renfermé dans les trois principaux types de météorites d'Ovifak.

» Sur 100 parties on a trouvé :

	1er type.		2e type.		3e type.	
Fer métallique	40,94	71,09	80,8	82,4	61,99	70,1
Fer combiné	30,15		1,6		8,11	
Carbone combiné	3,00	4,064	2,6	2,9	3,6	4,7
Carbone libre	1,64		0,3		1,1	
Silicium	0,75		0,291		non dosé.	
Eau	2,86		0,7		»	

» On voit que le troisième type n'est pas moins riche en carbone que le premier, et que le deuxième en renferme lui-même des quantités très-notables.

» C'est surtout par la grande proportion de fer combiné à l'oxygène que le premier type diffère du deuxième.

Sels solubles dans l'alcool et dans l'eau; présence dans tous du chlorure de calcium.

» L'étude du premier type ayant fait reconnaître, comme je l'ai montré précédemment, la présence du chlorure de calcium, il convenait de rechercher la même substance dans les deux autres types.

» Pour cela, on les a traités par l'alcool, et dans le second type on a opéré séparément sur la partie non malléable et sur la partie ductile.

» Les résultats pour 100 parties sont :

	2e type.		3e type.
	Partie non malléable.	Partie malléable.	
Chlorure de calcium	0,455	0,100	0,110
Chlorure de fer	0,106	0,098	0,119

» Le traitement par l'eau distillée a été fait à froid, et a donné également, sur 100 parties, les chiffres suivants, qui se rapprochent de ceux fournis par le premier type.

	1er type.	2e type.	3e type.
Sulfate de chaux	1,288	0,053	0,047
Chlorure de calcium	0,039	0,233	0,146
Chlorure de fer	0,027	0,089	0,114
	1,354	0,375	0,307

» Ainsi toutes ces masses sont caractérisées par la présence de sels solubles, dans des proportions qui sont loin d'être insignifiantes.

» Dans le premier type, le total des sels solubles est à peu près quatre fois plus grand que dans le deuxième et le troisième. La différence porte principalement sur le sulfate de chaux, qui y est en quantité vingt fois plus forte.

» D'un autre côté, on remarquera dans le tableau précédent que les chlorures sont en proportions beaucoup plus considérables dans les deux derniers types.

» Un examen au spectroscope, fait sur la dissolution chlorhydrique des météorites du deuxième et du troisième type, n'y a pas fait reconnaître du potassium; mais, dans chacune d'elles, on a constaté la présence du cuivre, en même temps que celle du calcium. Ce sont des résultats semblables à ceux que le type n° 1 a fournis.

» A part l'état de dissolution dans l'eau, les sels déliquescents ont été rarement reconnus dans les roches terrestres. Cependant le chlorure de calcium a été signalé comme mélangé au sel gemme et aux roches qui l'accompagnent, c'est-à-dire au gypse et à l'anhydrite, ainsi qu'à la boracite (1).

» Malgré ces exemples, on ne devait pas s'attendre à rencontrer des substances déliquescentes dans des roches métalliques ayant l'aspect du fer. Quoique le chlorure de fer se soit depuis longtemps trahi dans quelques fers météoriques ou holosidères, en venant graduellement suinter à leur surface, certains savants (2) ont longtemps supposé que ces masses de fer ont pu accidentellement absorber du chlore depuis qu'elles sont sur notre globe, et que par conséquent elles ne contenaient peut-être pas de chlore en arrivant des espaces. A la suite des observateurs qui ont signalé avec précision la présence du chlorure de fer dans les fers météoriques, M. Ch.-T. Jackson, M. Laurence Smith et d'autres, il convient de mentionner M. Shepard qui, en traitant par l'eau le météorite de Bishopville (États-Unis), avait reconnu dans sa dissolution des chlorures de calcium et de magnésium, en même temps que des hyposulfites. Aujourd'hui les météorites du Groënland, qui, d'ailleurs, diffèrent tout à fait de celle de Bishopville par leur éclat métallique, nous montrent le chlorure de calcium en quantités très-notables.

» Il ne paraît pas en effet douteux que le chlorure de calcium, aussi bien que le chlorure de fer, n'appartienne en propre à ces roches cosmiques; car ce qui est non moins remarquable que la présence de ces sels, c'est

---

(1) C'est dans les mêmes conditions que s'est rencontré en masses considérables le chlorure double de calcium et de magnésium hydraté, désigné sous le nom de tachydrite, substance non moins déliquescente que la carnallite ou chlorure double de potassium et de magnésium à laquelle elle est associée.

(2) Dans son *Handbuch der Mineralchemie*, publié en 1860, M. Rammelsberg mentionne comme encore douteuse, dans les météorites, la présence du chlore, de même que celle de l'arsenic (p. 952).

l'absence du chlorure de sodium : ce dernier, si répandu partout sur notre globe, qui se rencontre au moins par traces dans la plupart de nos roches, n'a pu pénétrer dans l'intérieur des masses d'Ovifak. Cependant, depuis qu'elles occupent leur situation actuelle, elles sont en présence de ce sel, puisqu'elles sont sans cesse humectées d'eau de mer. Ce fait, ainsi que la répartition intime des chlorures dans l'intérieur du fer d'Ovifak, prouve suffisamment que ces chlorures en faisaient originairement partie constituante.

» Comme l'a fait remarquer M. Nordenskiöld, malgré l'eau de mer qui les mouille continuellement, les blocs de fer natif ne s'étaient pas décomposés d'une manière sensible sur le rivage où il les a découverts; mais, transportés loin de leur patrie et arrivés à des latitudes moins élevées, au bout de quelques semaines, ces mêmes blocs avaient subi une altération évidente. Il en suintait constamment un liquide, passant du vert au brun; la transformation dont il s'agit était particulièrement prononcée sur l'un des blocs qu'on avait placé dans une pièce chaude du navire. Dans les musées où ces grands blocs sont déposés, malgré les précautions que l'on a prises, la décomposition continue à marcher avec rapidité.

» Cette grande tendance à absorber l'eau et à s'oxyder se fait également remarquer sur le type n° 2. Déjà, quelques jours après que je l'avais fait scier en plaques, les surfaces, mises à nu, commençaient à s'humecter et à se rouiller. L'inégalité avec laquelle procède cette oxydation annonce que les sels déliquescents, qui en sont la cause indirecte, sont loin d'être uniformément répartis dans la pâte métallique où ils sont disséminés en particules très-fines.

» On ne doit pas attribuer seulement, comme on l'a admis jusqu'à présent, l'altération rapide dont il s'agit à la présence du chlorure de fer : le chlorure de calcium y contribue évidemment pour une forte part. Ce qui vient à l'appui de cette assertion, c'est que le type n° 2, sans comparaison le plus altérable, est aussi le plus riche en chlorure de calcium; il en contient une quantité six fois plus grande que le premier type.

» Quant à la forte résistance que ces mêmes masses opposent à la décomposition, tant qu'elles restent dans les contrées polaires, elle s'explique par la faiblesse de la tension de la vapeur d'eau aux basses températures qui y sont habituelles. Ce contraste fait d'ailleurs ressortir combien l'eau, à l'état de vapeur, pénètre plus facilement que l'eau liquide dans les pores des corps solides.

» Il est à remarquer que si les masses d'Ovifak, au lieu d'être dans des conditions climatériques aussi exceptionnelles, s'étaient trouvées dans nos

climats, elles auraient sans doute déjà disparu depuis longtemps, ou au moins se seraient réduites en menues parcelles. Ces roches cosmiques apportent donc en elles, avec les sels déliquescents qu'elles contiennent dans leur tissu, un germe puissant de destruction (1).

» Le chlorure de calcium, dont Hausmann avait autrefois fait judicieusement une espèce minérale, sous le nom d'*hydrophilite*, et qui depuis lors a été rayé du catalogue par beaucoup de minéralogistes, mérite d'y être maintenu. Bien que ce corps ne se présente qu'en particules très-fines, sa présence est maintenant incontestable dans les météorites, non moins que dans certaines roches terrestres.

Déductions relatives à la constitution possible des masses internes du globe.

» Selon toute probabilité, les masses de fer natif d'Ovifak n'ont pas été apportées à la suite des roches éruptives qui se montrent à proximité, mais elles proviennent des espaces : ce sont des météorites. Cependant, à raison de ressemblances que l'on est fondé à admettre, et sur lesquelles je ne reviendrai pas ici (2), ces météorites d'Ovifak paraissent éclairer sur la nature des parties profondes de notre globe et ajouter de nouveaux documents à ceux que l'on avait déduits de considérations de cet ordre.

» Des faits nombreux ont porté à conclure que, pendant la suite des périodes géologiques, du calcium et du carbone ont été apportés vers la surface des régions inférieures au granit, où ces corps doivent se trouver en abondance, et d'où les éruptions volcaniques en amènent chaque jour (3).

» Dans les parties infragranitiques, le calcium existe en forte proportion dans les masses silicatées basiques, dont les laves nous apportent des échantillons. Nous concevons, en outre, que ce corps puisse y être incorporé plus profondément, à l'état de chlorure, de même que dans les roches d'Ovifak.

» Quant au carbone, il se trouve dans les météorites, non-seulement dans celles que l'on désigne sous le nom de *charbonneuses*, où il est pour ainsi dire visible, comme celle d'Orgueil (Tarn-et-Garonne), mais aussi dans les fers eux-mêmes.

---

(1) Parmi les roches terrestres qui se décomposent aussi sous l'influence des sels déliquescents, je citerai les blocs de calcaire, parsemés de périclase, de la Somme.

(2) *Annales des Mines*, 6e série, t. XIII; 1868, p. 59 et 62.

(3) Des terrains stratifiés considérés au point de vue des substances qui les constituent et du tribut que leur a apporté les parties internes du globe. (*Bulletin de la Société géologique de France*, 2e série, t. XXVIII.)

» Ce que l'on voit chaque jour dans les ateliers métallurgiques sur la facilité avec laquelle le carbone s'associe au fer, pour former de l'acier et de la fonte, explique comment les fers météoriques présentent le carbone au même état que dans les carbures artificiels. Par leur teneur en carbone libre et combiné, ils représentent des aciers et des fers naturels. Or les régions profondes de notre globe renferment aussi du fer (1) qui a dû, de même, s'emparer du carbone, quand autrefois il s'est trouvé en présence de ce corps si abondant dans notre planète ou de combinaisons carbonées.

» Un fer tel que celui du premier et du troisième type d'Ovifak, qui renferme 4,6 de carbone, tant libre que combiné, à raison d'une densité d'environ 5,8, ne renferme pas moins de 271 kilogrammes de carbone par mètre cube. Par conséquent une couche d'une telle roche ferreuse, ayant seulement 5 millimètres d'épaisseur, renfermerait autant de carbone que toute une colonne de l'atmosphère ayant même base. Pour une variété de fer renfermant le carbone en proportion mille fois moindre, il suffirait encore d'une couche épaisse de 5 mètres, c'est-à-dire bien peu épaisse pour l'équivalent dont il s'agit.

» Enfin les roches de fer natif d'Ovifak nous apprennent encore qu'après avoir fixé du carbone dans des conditions que j'ai tenté d'expliquer dans ma Communication précédente, les mêmes roches peuvent aussi l'abandonner à l'état d'oxyde de carbone ou d'acide carbonique, par exemple sous l'influence d'une oxydation ou d'un réchauffement. On entrevoit par conséquent l'un des procédés par lesquels le carbone, d'abord fixé dans les masses ferreuses profondes du globe, a pu s'en exhaler. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur la condition pour qu'une famille de surfaces données puisse faire partie d'un système orthogonal.* Note de **M. Cayley** (2). (Suite.)

« **11.** Pour trouver Ω_2, nous avons

$$\delta'(g) = -ZX\,\partial B + YX\,\delta F - Y^2\,\partial G + YZ\,\delta H,$$
$$\delta'(h) = -XY\,\partial C + XZ\,\partial F + YZ\,\partial G - Z^2\,\partial H,$$
$$\delta'\varphi = -[(a)\,\delta A + (b)\,\partial B - (c)\,\delta C + 2(f)\,\partial F + 2(g)\,\partial G + 2(h)\,\partial H],$$

(1) *Annales des Mines*, 6e série, t. XIII, p. 62.

(2) Dans la Note précédente, p. 178, ligne 15, *au lieu de* (a, b, c, f, g, h, i, j, k, l), *lisez* (*a*, *b*, *c*, *f*, *g*, *h*, *i*, *j*, *k*, *l*), en lettres *italiques*, comme plus loin, ligne 19.

et de là

$$\Omega_2 = 2\varphi[-XYZ(\delta B-\delta C)+X(Y^2-Z^2)\delta F-Y(Y^2+Z^2)\delta G+Z(Y^2+Z^2)\delta H]$$
$$+[(g)Y-(h)Z][(a)\delta A+(b)\delta B+(c)\delta C+2(f)\delta F+2(g)\delta G+2(h)\delta H],$$

ce qui se réduit tout de suite à

$$\begin{aligned}
&-[X(a)(f)+Y(b)(g)+Z(c)(h)](\delta B-\delta C)\\
&+[(g)Y-(h)Z][(a)\delta A+(b)\delta B+(c)\delta C]\\
&+2[Y(c)(h)-Z(b)(g)]\delta F\\
&+2(a)[Y)c)-Z(f)]\delta G\\
&+2(g)[Y(f)-Z(b)]\delta H.
\end{aligned}$$

» Les premières deux lignes se réduisent facilement à

$$(a)[-X(f)+Z(h)](\delta B-\delta C)+(a)[(g)Y-(h)Z](\delta A-\delta C),$$

et la troisième ligne à $2(a)[Z(g)-X(c)]\delta F$. Donc l'expression entière contient le facteur (a), et nous aurons

$$\begin{aligned}
\Omega_2:(a) = &-[X(f)+Z(h)](\delta B-\delta C)\\
&+[Y(g)-Z(h)](\delta A-\delta C)\\
&+2[Z(g)-X(c)]\delta F\\
&+2[Y(c)-Z(f)]\delta G\\
&+2[Y(f)-Z(b)]\delta H,
\end{aligned}$$

expression qui se réduit sans peine à la forme symétrique sous laquelle je la présente dans l'équation finale.

» 12. Cette équation est $\Omega_1+\Omega_2=0$; savoir, en omettant le facteur (a), nous avons

$$\begin{aligned}
2(&\{F[(b)-(c)]-(B-C)(f)-H(g)+G(h)\}\delta X\\
&+\{G[(c)-(a)]+H(f)-(C-A)(g)-F(h)\}\delta Y\\
&+\{H[(a)-(b)]-G(h)+F(g)-(A-B)(h)\}\delta Z)\\
&-X(f)(\delta B-\delta C)\\
&-Y(g)(\delta C-\delta A)\\
&-Z(h)(\delta A-\delta B)\\
&+\{X[(b)-(c)]-Y(h)+Z(g)\}\delta F\\
&+\{X(h)+Y[(c)-(a)]-Z(f)\}\delta G\\
&+-X(g)+Y(f)+Z[(a)-(b)]\delta H=0.
\end{aligned}$$

» On se rappelle que δ signifie $X\frac{d}{dx}+Y\frac{d}{dy}+Z\frac{d}{dz}$.

» 13. Pour déduire de là le résultat de M. Levy, j'écris d'abord $X=0$, $Y=0$; nous avons alors

$$[(a),(b),(c),(f),(g),(h)]=(BZ^2,AZ^2,0,0,0,-HZ^2),$$

et l'équation devient

$$2[(AF-GH)\delta X+(-BG+FH)\delta Y]+HZ(\delta A-\delta B)-Z(A-B)\delta H=0;$$

mais ici

$$(A,B,C,F,G,H)=[2Zh,-2Zh,2h,0,-Zg,Zf,-Z(a-b)],$$

et l'équation devient

$$2\{[f(a-b)-2gh]\delta X+[g(a-b)+2fh]\delta Y\}\\ -(a-b)(\delta A-\delta B)-4h\delta H=0.$$

Mais nous avons $\delta X=gZ$, $\delta Y=fZ$, $\delta Z=cZ$, et, de plus,

$$\begin{aligned}\delta A&=2\delta Zh-2g\delta Y=\quad 2lZ^2+2(ch-fg)Z,\\ \delta B&=2f\delta X-2\delta Zh=-2lZ^2-2(ch-fg)Z,\\ \delta H&=-\delta Z(a-b)+g\delta X-f\delta Y=(f-j)Z^2+(-ac+bc-f^2+g^2)Z;\end{aligned}$$

l'équation est donc

$$4fg(a-b)+4(f^2-g^2)h-(a-b)[4lZ+4(ch-fg)]\\ -4h[-c(a-b)-(f^2-g^2)+(f-j)Z]=0,$$

ou enfin

$$2fg(a-b)+2h(f^2-g^2)-Z[(f-j)h+l(a-b)]=0,$$

ce qui s'accorde avec le résultat cité.

» 14. En changeant la signification de X, Y, Z, écrivons $\rho=X+Y+Z$, où X, Y, Z dénotent à présent des fonctions de x, y, z respectivement; en dénotant par X', Y', Z' les fonctions dérivées de celles-ci, les fonctions premièrement représentées par X, Y, Z seront X', Y', Z'. Je cherche, au moyen de l'équation générale, la condition pour que la famille $\rho=X+Y+Z$ puisse faire partie d'un système orthogonal.

» Dénotons par X', X'', X''' les dérivées de X, et de même celles de Y et Z, et écrivons, pour abréger, $\alpha,\beta,\gamma=Y''-Z'',\ Z''-X'',\ X''-Y''$, nous avons

$$(a,b,c,f,g,h)=(X'',Y'',Z'',0,0,0),$$

et de là

$$(A, B, C, F, G, H) = (o, o, o, -\alpha X', -\beta Y', -\gamma Z'),$$

et, de plus,

$$\begin{aligned}[(a), (b), (c), (f), (g), (h)] = [&2\alpha X'Y'Z', 2\beta X'Y'Z', 2\gamma X'Y'Z, \\ &X'(\ \ \alpha X'^2 - \beta Y'^2 - \gamma Z'^2), \\ &Y'(-\alpha X'^2 + \beta Y'^2 - \gamma Z'^2), \\ &Z'(-\alpha X'^2 - \beta Y'^2 + \gamma Z'^2)].\end{aligned}$$

Nous avons aussi

$$\begin{aligned}(\partial X', \partial Y', \partial Z') &= (X'X'', Y'Y'', Z'Z''), \\ (\partial A, \ \partial B, \ \partial C) &= (o, o, o), \\ (\partial F, \ \partial G, \ \partial H) &= [X'(-\alpha X'' + Z'Z''' - Y'Y'''), \\ &\quad Y'(-\beta Y'' + X'X''' - Z'Z'''), \\ &\quad Z'(-\gamma Z'' + Y'Y''' - X'X''')].\end{aligned}$$

15. Donc, dans l'équation générale, la première ligne est

$$\begin{aligned}2[-\alpha X'.2X'Y'Z'(\beta - \gamma) + \gamma Y'Z'(-\alpha X'^2 + \beta Y'^2 - \gamma Z'^2) \\ - \beta Y'Z'(-\alpha X'^2 - \beta Y'^2 + \gamma Z'^2)]X'X'',\end{aligned}$$

c'est-à-dire

$$\begin{aligned}2X'Y'Z'.X''[-2\alpha(\beta - \gamma)X'^2 + \gamma(-\alpha X'^2 + \beta Y'^2 - \gamma Z'^2) \\ - \beta(-\alpha X'^2 - \beta Y'^2 + \gamma Z'^2)]\end{aligned}$$

ou, ce qui est la même chose,

$$2X'Y'Z'.\alpha X''[(\gamma - \beta)X'^2 - \beta Y'^2 + \gamma Z'^2],$$

et la somme des premières trois lignes sera aussi $= 2X'Y'Z'$ multiplié par

$$\begin{aligned}&\alpha X''[(\gamma - \beta)X'^2 - \beta Y'^2 + \gamma Z'^2) \\ &+ \beta Y''[\alpha X'^2 + (\alpha - \gamma)Y'^2 - \gamma Z'^2) \\ &+ \gamma Z''\ [-\alpha X'^2 + \beta Y'^2 + (\beta - \alpha)Z'^2],\end{aligned}$$

savoir dans ce second facteur le coefficient de $\alpha X'^2$ est $X''(\gamma - \beta) + \beta Y'' - \gamma Z''$, $= -2\beta\gamma$, et de même les coefficients de $\beta Y'^2$ et $\gamma Z'^2$ sont $-2\gamma\alpha$, $-2\alpha\beta$ respectivement, donc le terme entier, ou première partie de l'équation est

$$4X'Y'Z'(X'^2 + Y'^2 + Z'^2)(-\alpha\beta\gamma).$$

» Les termes en ∂A, ∂B, ∂C s'évanouissent, et il ne reste que les termes en ∂F, ∂G, ∂H qui forment la seconde partie de l'équation. Le premier de

ceux-ci est

$$[X'.2(\beta-\gamma)X'Y'Z' - Y'Z'(-\alpha X'^2 - \beta Y'^2 + \gamma Z'^2) + Y'Z'(-\alpha X'^2 + \beta Y'^2 - \gamma Z'^2)] \times X'(-X''\alpha + Z'Z''' - Y'Y'''),$$

c'est-à-dire

$$2X'Y'Z'[(\beta-\gamma)X'^2 + \beta Y'^2 - \gamma Z'^2](-X''\alpha + Z'Z'' - Y'Y'').$$

On a donc $2X'Y'Z'$ multiplié par

$$\begin{aligned}&[(\beta-\gamma)X'^2 + \beta Y'^2 - \gamma Z'^2](-X''\alpha + Z'Z''' - Y'Y''')\\ &+ [-\alpha X'^2 + (\gamma-\alpha)Y'^2 + \gamma Z'^2](-Y''\beta + X'X''' - Z'Z''')\\ &+ [\alpha X'^2 - \beta Y'^2 + (\alpha-\beta)Z'^2](-Z''\gamma + Y'Y''' - X'X'''),\end{aligned}$$

où dans le second facteur nous avons d'abord le terme $-2\alpha\beta\gamma \times (X'^2 + Y'^2 + Z'^2)$ et puis le terme $-2(\alpha X'X''' + \beta Y'Y''' + \gamma Z'Z''') \times (X'^2 + Y'^2 + Z'^2)$.

» La seconde partie est donc

$$4X'Y'Z'(X'^2 + Y'^2 + Z'^2)[-\alpha\beta\gamma - (\alpha X'X''' + \beta' Y'Y''' + \gamma Z'Z''')]$$

et en réunissant les deux parties et en omettant le facteur $-4X'Y'Z' \times (X'^2 + Y'^2 + Z'^2)$, l'équation devient

$$2\alpha\beta\gamma + \alpha X'X''' + \beta Y'Y''' + \gamma Z'Z''' = 0,$$

savoir :

$$\begin{aligned}&2(Y''-Z'')(Z''-X'')(X''-Y'')\\ &+ (Y''-Z'')X'X''' + (Z''-X'')Y'Y''' = (X''-Y'')Z'Z''' = 0,\end{aligned}$$

équation trouvée par M. Bouquet dans sa *Note sur les surfaces orthogonales* (*Journal de M. Liouville*, t. XII, p. 446-450; 1846), et reproduite par M. Serret dans son *Mémoire sur les surfaces orthogonales* (*Journal de M. Liouville*, t. XII, p. 241-254; 1847). »

Le P. Secchi adresse une Note relative à l'éruption solaire qui a été observée le 7 juillet. Cette Note, qui doit être accompagnée de figures, sera insérée au Numéro prochain, ainsi que les observations auxquelles elle a donné lieu de la part de MM. *de Quatrefages*, *Milne Edwards*, *Edm. Becquerel*.

Le P. **Secchi** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire imprimé en italien et portant pour titre « Questions spectroscopiques : réponse à M. le professeur *Respighi* ».

M. **Charles Naumann** fait hommage à l'Académie de la troisième livraison du tome III de son « Manuel de Géognosie », imprimé en allemand.

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la formation d'une liste de deux candidats, qui doit être présentée à M. le Ministre de l'Instruction publique, pour la place laissée vacante au Bureau des Longitudes par le décès de M. *Laugier*.

Au premier tour de scrutin, destiné à choisir le premier candidat, le nombre des votants étant 49,

M. Lœwy obtient. . . . . 27 suffrages.
M. Wolf . . . . 21 »

Il y a un billet blanc.

Au second tour de scrutin, destiné à choisir le second candidat, le nombre des votants étant encore 49,

M. Wolf obtient . . . . 39 suffrages.
M. Tisserand . . . . 10 »

En conséquence, la liste qui sera adressée à M. le Ministre comprendra : en première ligne M. **Lœwy**, en seconde ligne M. **Wolf**.

M. **de Saint-Venant** est adjoint à la Commission qui est chargée de juger le concours du prix Poncelet.

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

ÉLECTRICITÉ. — *Résultats de l'observation des derniers orages.* Note de **M. W. de Fonvielle**. (Extrait par l'auteur.)

(Cette Note est renvoyée, ainsi que la précédente, à la Commission des Paratonnerres, Commission composée des membres de la Section de Physique et de M. Regnault, auxquels MM. Morin et Ch. Sainte-Claire Deville sont priés de s'adjoindre.)

« L'Auteur donne des détails circonstanciés sur trois coups de foudre de

l'orage du 23 juillet, dont il a observé lui-même les traces, et sur plusieurs autres cas de fulguration qui lui ont paru authentiques, dont la description se trouve soit dans le *Times*, soit dans des journaux français. Ces observations répétées semblent indiquer qu'il n'est pas nécessaire que les substances conductrices se trouvent situées sur le parcours possible de l'étincelle atmosphérique, pour déterminer la déflagration par suite de leur présence. Elles peuvent produire un effet analogue à celui du condensateur dans les décharges de la bouteille de Leyde ou de l'appareil Ruhmkorff.

» L'Auteur rapporte que ce physicien se sert, en effet, d'une masse de cuivre, intercalée, il est vrai, dans le circuit, pour fracturer avec plus de facilité le bloc de verre au travers duquel il veut faire passer l'étincelle de sa machine d'induction.

» L'auteur pense que la chute de la foudre ne dépend pas seulement de la forme des nuages, de la direction du vent et de l'état hygrométrique de l'air : elle tient encore à toutes les attractions exercées par les objets impressionnables qui recouvrent le pays soumis à l'influence orageuse. La masse des objets de fer, leur forme, leur répartition, leur altitude entrent en ligne de compte, ainsi que les communications plus ou moins largement assurées avec le réservoir commun.

» Pour compléter les renseignements qu'il continue à recueillir, l'auteur annonce l'intention de provoquer la chute de la foudre sur des points déterminés avec les électro-substracteurs de Dupuis-Delcourt, recommandés si vivement par Arago, lesquels ne sont du reste que les ballons électriques de Charles. Mais, pour que ces expériences grandioses puissent être fructueuses, il faut avoir à sa disposition des moyens de mesure et de protection.

» L'Auteur signale à ce propos la cage de fer de Faraday, à laquelle on a donné chez M. Ruhmkorff une forme nouvelle et ingénieuse. Un électromètre à feuille d'or placé sous un panier à salade en fil de fer perd toute son impressionnabilité.

» Après être entré dans quelques considérations sur les cas où ces protections exceptionnelles peuvent servir, et sur les excellents paratonnerres de M. Melsens, l'Auteur fait remarquer que le public ne doit point s'alarmer de la multiplicité des coups de foudre signalés comme conséquence de l'accumulation des masses métalliques; car, sauf certains cas particuliers assez rares, les décharges sont d'autant plus inoffensives qu'elles sont attirées par une plus grande masse de substances conductrices. En effet, si ces matières attirent la foudre à distance, c'est en quelque sorte pour se partager la matière fulgurante. »

M. **Bouvet** soumet au jugement de l'Académie une Note relative à la « caléfaction des gaz ».

L'auteur a été conduit, par des observations faites sur les appareils calorifères quand ils sont trop fortement chauffés, à admettre que les gaz peuvent donner lieu à des phénomènes de caléfaction, analogues, à ceux que présentent les liquides. La Note se termine comme il suit :

« Voici une expérience à la fois simple et curieuse, qui permet de mettre le phénomène en évidence. On prend un tube métallique de $0^m,05$ de diamètre, on l'enveloppe de combustible en ignition, pour le porter au rouge blanc : on constate que, malgré la haute température des tubes, le courant qui passe est très-faible et à une température relativement basse; mais si on laisse refroidir lentement le tube, on voit que, pendant un certain laps de temps, la vitesse du courant augmente pour redescendre ensuite. Par suite de quel phénomène un accroissement de vitesse du courant correspond-il à un abaissement de température de la paroi ? Je démontrerai que ce phénomène est dû à ce qu'on peut appeler, par analogie à ce qui se passe pour l'eau, la caléfaction des gaz. »

(Renvoi à l'examen de M. Jamin.)

M. **Gavial** adresse une Lettre relative à son précédent Mémoire sur un système d'aérostat.

(Renvoi à la Commission des Aérostats.)

M. **Prettis de Sainte-Croix** adresse un complément à ses précédentes Communications sur le *postulatum* d'Euclide.

(Renvoi à la Commission.)

M. **Sawicki** adresse, de Figeac, un Mémoire relatif à la formation des corps célestes et à divers phénomènes physiques.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

M. **Deschamps** adresse une nouvelle Note concernant un moyen d'empêcher la gelée et diverses autres questions de Physique générale.

(Renvoi à l'examen de M. Jamin.)

M. **Bardot** adresse une Note concernant la théorie du langage scientifique et diverses questions de Chimie générale.

(Renvoi à l'examen de M. Chevreul.)

CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, une brochure de M. *Mildé*, intitulée : « Mémoire sur les Horloges électriques ».

Cette brochure sera renvoyée à l'examen de la Section de Physique.

M. le Secrétaire perpétuel signale également une brochure intitulée : « Sur les Solutions salines sursaturées ; 3e partie ; par MM. *Tomlinson et Van der Mensbrugghe* ». Cette brochure, imprimée en anglais, est accompagnée d'une lettre de M. Van der Mensbrugghe, qui résume comme il suit l'objet de ce travail :

« Nous avons eu pour but de prouver par l'expérience les quatre propositions suivantes :

» I. Une solution sursaturée, contenue dans un vase parfaitement débarrassé de toute matière grasse, demeure liquide aussi longtemps que sa surface libre ou la surface en contact avec les parois du vase ne subit pas, en un ou plusieurs points, une diminution notable de tension superficielle.

» II. Si l'on dépose à la surface d'une solution sursaturée une goutte d'un liquide à faible tension, cette goutte s'étale et provoque la cristallisation, soit immédiatement, soit au bout de quelques minutes.

» III. Tandis qu'un liquide à faible tension produit la solidification au bout d'un temps plus ou moins court, un liquide doué d'une grande force contractile et n'agissant pas chimiquement sur la solution peut être amené en contact avec celle-ci sans la faire changer d'état.

» IV. De même qu'un liquide à faible tension fait cristalliser la solution sursaturée, de même un solide couvert d'une couche plus ou moins épaisse d'un pareil liquide détermine la cristallisation subite ou graduelle. »

PLASTICODYNAMIQUE. — *Sur une manière simple de déterminer expérimentalement la résistance au glissement maximum dans un solide ductile, homogène et isotrope.* Note de **M. J. Boussinesq**, présentée par M. de Saint-Venant.

« On sait qu'à la suite des expériences de M. Tresca sur l'état d'un solide ductile, déformé ou pétri d'une manière lente mais continue, M. de Saint-Venant a été conduit à admettre que la valeur maximum K des actions tangentielles, exercées sur les divers éléments plans passant par un point quelconque d'un tel corps, est sensiblement constante pour une même espèce de matière dont elle mesure la résistance plastique ; et l'on sait aussi,

par les formules déduites de la considération du tétraèdre de Cauchy, que le double de cette valeur est égal à la plus grande, $F_1 - F_3$, des différences existant, en chaque point du corps, entre les trois actions rectangulaires, dites *principales*, F_1, F_2, F_3, qui sont normales aux éléments plans qu'elles sollicitent. Il paraît, en effet, très-vraisemblable que la résistance plastique K, ou $\frac{1}{2}(F_1 - F_3)$, ne varie pas avec les vitesses relatives prises par les molécules contiguës, car on suppose ces vitesses assez petites pour que les efforts tangentiels maximum exercés aux divers points se réduisent à ce qui est strictement nécessaire pour vaincre à chaque instant la solidité, efforts qui seraient en quelque sorte infiniment petits s'il s'agissait d'un liquide sans viscosité appréciable, comme l'eau. Elle ne doit pas dépendre non plus d'une pression normale et constante, d'ailleurs arbitraire, qui serait exercée tout autour d'un élément quelconque de volume; car on ne voit pas qu'une pression pareille rende l'état moléculaire sensiblement plus stable tant que la densité n'en est augmentée que fort peu, ainsi qu'on l'admet. Or l'application d'une telle pression, positive ou négative, convenablement choisie, permet évidemment d'avoir dans tous les cas $F_1 = K$, $F_3 = -K$; ce qui fait que les divers modes de déformation plastique d'un élément de volume, et par suite la résistance K elle-même, ne peuvent plus dépendre que de la manière dont la force intermédiaire F_2 est comprise entre les deux autres F_1 et F_3, c'est-à-dire du rapport $\frac{F_1 - F_2}{F_2 - F_3}$, que je désignerai par f. Ainsi la résistance de plasticité, K, ne doit varier tout au plus pour une même matière qu'avec le rapport f, définissant le mode de déformation employé. Mais il est naturel d'essayer d'abord, comme a fait M. de Saint-Venant, l'hypothèse la plus simple, c'est-à-dire d'admettre que K n'a même qu'une valeur pour toutes les déformations possibles; et si un jour de nouvelles expériences obligeaient à supposer K fonction de f, les recherches des géomètres, faites dans l'hypothèse $K = \text{const.}$, ne seraient pas pour cela toutes perdues en tant qu'applicables aux phénomènes; car, par exemple, dans tous les problèmes concernant les déformations *planes*, on a, comme on sait, $F_2 = \frac{1}{2}(F_1 + F_3)$ ou $f = 1$, et par suite K, même supposé fonction de f, resterait invariable (*). Il en serait de même

(*) On a généralement $F_2 = \frac{1}{2}(F_1 + F_3)$, ou f_1, toutes les fois qu'une des trois dilatations en chaque point est nulle; ce qui comprend, outre les déformations dites *planes*, celles d'un anneau cylindrique dont les fibres normales à ses bases ne se déplacent que suivant les rayons, et d'un prisme circulaire tordu, questions qui ont été complétement traitées, de

dans les cas importants où la force intermédiaire F_2 devient égale à l'une des deux autres, F_1 ou F_3, ce qui correspond à $f = 0$ ou à $f = \infty$.

» Quand on suppose constant le coefficient de plasticité K, le moyen le plus simple pour obtenir sa valeur numérique me paraît être d'exercer à la seconde extrémité d'une barre mince, bien homogène et sensiblement prismatique, dont on aura fixé le premier bout, une traction *très-lentement croissante*, de manière que les vitesses des diverses parties de cette barre restent inappréciables jusqu'au moment où la matière qui la compose passe à l'état plastique. A ce moment, l'action qui sollicite tout élément plan intérieur parallèle à l'axe de la barre ne cesse pas d'être sensiblement nulle (abstraction faite de la pression atmosphérique); car l'équilibre de couches très-minces de matière exige qu'elle soit à fort peu près égale à la pression exercée sur l'élément plan, très-voisin et de même direction, de la surface latérale, pression nulle par hypothèse. Des trois forces principales exercées en un point quelconque, deux, F_2, F_3, se réduisent ainsi à zéro, et la troisième, parallèle à l'axe de la barre, ne peut qu'être égale à $2K$ par unité de surface. Le coefficient cherché K s'obtiendra donc en divisant la valeur maximum qu'atteindra la traction par le double de l'aire à laquelle seront alors réduites les sections normales les plus contractées.

» On pourrait, afin d'éviter les chocs, transmettre la traction par l'intermédiaire d'une sorte de vis micrométrique, et la mesurer au moyen d'un dynamomètre interposé. Enfin, pour empêcher l'état plastique de s'établir trop près des extrémités et déterminer de préférence sa production tout autour d'une section désignée à l'avance, il sera bon de faire cette section plus petite que les autres en donnant préalablement à la barre une forme graduellement étranglée vers le milieu et non pas exactement prismatique ou cylindrique. Cela permettra de pousser l'expérience jusqu'à ce que la rupture ait lieu, et K sera le quotient de la tension indiquée par le dynamomètre, immédiatement avant la rupture, par le double de l'étendue finale de la section suivant laquelle elle se produira.

» Peut-être parviendrait-on de la manière suivante à reconnaître expérimentalement si le coefficient de résistance plastique K est indépendant du rapport f, ou, dans le cas contraire, à déterminer K en fonction de f.

---

deux manières distinctes, mais concordantes, par MM. Tresca et de Saint-Venant. Les problèmes de l'extension, de la compression et de la flexion d'un prisme, dans lesquels on peut supposer que deux forces principales restent, en chaque point, sensiblement nulles, se rattachent au contraire au cas où F_2 devient égal à F_1 ou à F_3; ce qui donne $f = 0$ ou $f = \infty$.

Il faudrait soumettre à une tension graduellement croissante, non plus une barre libre sur toute sa surface latérale, mais une règle à section rectangulaire, dont deux faces latérales opposées seraient serrées entre deux plans parallèles, polis et enduits de graisse ou d'huile. On pourrait donner, dans chaque expérience, à la pression $\mathfrak{P}$, exercée par ces deux plans et rapportée à l'unité de surface, une valeur déterminée constante et observer la traction $\mathfrak{T}$, nécessaire chaque fois, par unité de section finale, pour produire l'état plastique. La condition d'équilibre de couches minces de matière exigerait encore ici que les forces exercées à l'intérieur de la barre, sur les éléments plans parallèles aux forces latérales, fussent peu différentes des forces appliquées aux éléments de ces faces, c'est-à-dire nulles pour les éléments plans parallèles aux deux faces libres, et égales à une traction normale $-\mathfrak{P}$ pour les éléments parallèles aux deux plans polis. Des trois forces principales exercées en chaque point, deux, F_2, F_3, seraient donc situées dans la section normale menée par ce point et respectivement égales à zéro et à $-\mathfrak{P}$; la première, F_1, ne pourrait qu'être, par suite, parallèle à l'axe même de la règle, et égale à la traction $\mathfrak{T}$ exercée sur l'unité de surface de la section. On aurait

$$K = \frac{1}{2}(F_1 - F_3) = \frac{1}{2}(\mathfrak{T} + \mathfrak{P}), f = \frac{F_1 - F_2}{F_2 - F_3} = \frac{\mathfrak{T}}{\mathfrak{P}};$$

ce qui permettrait, en faisant varier d'une expérience à l'autre $\mathfrak{P}$ et par suite $\mathfrak{T}$, d'obtenir, pour chaque valeur de f comprise entre zéro et l'infini, la valeur correspondante de K. »

ÉLECTRICITÉ. — *Théorie du duplicateur de Nicholson.* Note de **M. P. Volpicelli.**

« Bennet a imaginé le premier un instrument duplicateur de l'électricité (1), dont le but consiste à accumuler, au moyen d'inductions successives, l'électricité sur le troisième de ses plateaux, annexé à l'électroscope. Mais Bennet s'aperçut bientôt que son duplicateur avait la propriété d'accumuler l'électricité, lors même qu'elle n'était point communiquée artificiellement à l'appareil.

» Cavallo substitua utilement l'air au cohibant solide de cet instrument, et en outre il le modifia (2), pour en faciliter l'usage et pour lui enlever

(1) *Philosoph. Trans.*, vol. LXXVII, ann. 1787.

(2) *Ibidem*, vol. LXXVIII, p. 255, ann. 1788.

cette propriété; mais il ne put y réussir, et Peclet ne fut pas plus heureux (1).

» Nicholson eut l'idée ingénieuse de rendre le duplicateur automatique, non-seulement pour en faciliter la pratique, mais encore pour lui ôter la propriété indiquée, et, en 1788, il en publia la description (2). Cependant son duplicateur possède aussi la même propriété, et ne pouvant, pour ce motif, servir de condensateur, il fut mis à l'écart, et la théorie de l'instrument fut négligée dans les cours de Physique, comme dans les traités d'Électricité.

» Nous croyons, toutefois, que l'instrument dont il s'agit est d'un grand intérêt pour la doctrine de l'influence électrique, et c'est pourquoi nous en donnons ici la théorie, à l'effet de combler une lacune encore existante dans les instruments destinés à accumuler l'électricité. Cette théorie est fondée sur trois principes, savoir : 1° que la surface de chaque corps est toujours douée d'électricité; 2° que deux corps rapprochés l'un de l'autre doivent exercer une répulsion réciproque sur leur électricité, en la raréfiant sur les surfaces qui se regardent et en l'accumulant sur les surfaces opposées; 3° qu'un corps ayant une surface plus étendue que celle d'un autre qui l'avoisine doit, dans des conditions égales, influer d'autant plus sur ce dernier. La figure annexée au Mémoire de Nicholson, à laquelle nous renvoyons le lecteur, nous servira pour exposer la théorie de l'instrument, laquelle ne fut exactement donnée, ni par son auteur, ni par aucun autre.

» Nous supposons, en premier lieu, que toutes les parties de la machine soient à l'état naturel.

» Quand le disque inférieur B, tournant autour de l'axe PO, au moyen d'une manivelle L, est entièrement placé au-dessous du disque fixe A, il se produit en même temps une communication, tant de A avec le disque fixe C, que de B avec la sphère D. Par cette seconde communication, la surface du corps BD devient plus grande que celle du disque A et influe par conséquent sur ce disque plus fortement que A sur BD; d'où il résulte que le disque A doit communiquer au disque C une partie de l'électricité homologue de l'inductrice, en retenant toute l'électricité induite.

» Le disque B continuant à tourner de la gauche à la droite de l'observateur de la figure, l'induite en A deviendra totalement libre. Le disque B

---

(1) *Traité élém. de Phys.*, par M. Daguin, 3e vol., p. 166. Paris, 1861.

(2) *Philosoph. Transact.*, vol. LXXVIII, p. 403.

arrivé à se placer au-dessous du disque fixe C, il se produit une communication entre celui-ci et la sphère D: de là une diminution de la charge électrique en C; et comme B se trouve déjà plus chargé que C, celui-ci reçoit une influence plus forte que celle qu'il exerce lui-même sur B. Il en résulte que la charge homologue de l'inductrice s'accroît dans la sphère D, outre que le disque C se trouve chargé de l'induite opposée, laquelle est également mise en liberté tout entière, quand le disque B, continuant la rotation, s'éloigne de C.

» Le disque B, continuant son mouvement rotatoire, se retrouve de nouveau entièrement sous le disque A, puis sous le disque C; ensuite les mêmes influences précédemment produites se répètent, mais avec une énergie plus grande. Par suite, il arrive que dans le disque B l'inductrice s'accroît de plus en plus, pendant que dans les disques fixes A, C, l'induite augmente de son côté, mais dans certaines limites, dépendantes de l'état hygrométrique du milieu ambiant et de la distance des disques entre eux.

» En second lieu, ce qui précède fournit une explication facile des effets électrostatiques de l'instrument de Nicholson, dans le cas où il reçoit artificiellement une charge électrique sur l'une quelconque de ses parties métalliques.

» Si par un plan d'épreuve convenable, comme, par exemple, une épingle introduite par la pointe dans un cylindre capillaire de verre, et fixée avec la gomme laque, on examine l'état électrique des trois disques et de la sphère, on vérifiera la théorie exposée et les conséquences que nous allons en déduire :

» 1° Les deux disques fixes A, C s'électrisent contrairement au disque tournant B et à la sphère D.

» 2° Le disque tournant B ainsi que la sphère D offrent toujours l'électricité du milieu ambiant; car si, au moyen d'une machine électrique, on rend positif ou négatif le milieu dans lequel on expérimente, le disque B et la sphère D seront positifs ou négatifs, tandis que les disques fixes A, C seront tous deux négatifs ou positifs. La même chose se produit si toutes les parties métalliques de l'instrument se chargent de positif ou de négatif; puisque, dans le premier cas, les disques fixes deviendront négatifs et le reste sera positif. Dans le second cas, c'est l'effet contraire qui se produira.

» 3° Si l'électricité négative terrestre est suffisamment intense, les murs de la chambre seront électrisés semblablement et, par suite aussi, toutes les

parties de l'appareil, et les disques fixes deviendront positifs, et le reste négatif.

» 4° Si l'on opère dans l'obscurité, on voit parfois des étincelles entre le disque fixe et le disque tournant, lorsque celui-ci sort de sa position au-dessous du premier. Par suite, si le nombre de tours est trop grand, les accumulations peuvent devenir plus petites que si le nombre de tours était moindre.

» 5° En augmentant la surface de la sphère D, on obtient une augmentation d'effet sur le duplicateur.

» 6° Cet instrument, par le moyen de son disque tournant B, ou par la sphère, fait connaître la nature de l'électricité d'un milieu; par conséquent il peut servir à constater l'électricité de l'atmosphère, dans les temps ordinaires.

» 7° Plus le disque tournant s'approche des disques fixes, plus, à circonstances égales, les étincelles seront fréquentes; pourtant il est utile, dans certaines recherches, d'avoir soin que les disques ne soient par trop rapprochés, afin d'éviter les décharges entre eux.

» 8° Pour connaître, après un certain nombre de tours du disque inférieur B, la plus haute tension de l'une des parties métalliques de la machine, on mettra les trois autres parties en communication avec le sol; parce qu'alors l'électricité soumise à l'expérience aura une plus forte tension.

» 9° De quelque point que commence la rotation du disque intérieur A, les effets produits sur le duplicateur sont les mêmes.

» 10° Les quatre cylindres isolants, auxquels sont unis les trois disques A, B, C et la sphère D, s'électrisent sensiblement eux-mêmes pendant l'action du duplicateur, et leur électricité est de même nature que l'électricité accumulée sur les parties métalliques correspondantes. Ce fait doit être pris en considération lorsqu'on veut comparer entre eux les résultats des diverses expériences. La partie métallique du plan d'épreuve, pour vérifier l'électricité de ces cylindres, doit être humide.

» 11° Quand on met en communication avec le sol la sphère D, et que le disque B tourne, elle se maintient toujours à l'état naturel; mais les trois disques s'électrisent, le disque B négativement et les deux disques fixes positivement. Dans ce cas, le duplicateur de Nicholson correspond automatiquement à celui de Bennet. »

PHYSIQUE. — *Sur la quantité de magnétisme des électro-aimants.* Note de **M. A. Cazin**, présentée par M. Edm. Becquerel.

« Depuis la Communication que j'ai eu l'honneur de faire à l'Académie le 11 mars dernier, j'ai été conduit, par de nouvelles expériences, à modifier ma formule des électro-aimants cylindriques pour ce qui concerne la loi des diamètres.

» J'ai substitué une fonction exponentielle à la fonction linéaire que j'avais d'abord employée, et la nouvelle formule s'applique à des noyaux cylindriques, dont le rayon varie de 1 à 40 millimètres. Cette formule s'écrit, avec les mêmes notations que dans ma Note précédente,

$$(1) \qquad m = As(1 - B^r)e^{\frac{6}{5}} \operatorname{arc\,tang} C i e^{-\frac{6}{5}},$$

» En prenant les unités que j'ai indiquées pour les variables, r rayon du tube, e son épaisseur, i intensité du courant, m quantité de magnétisme appliquée à chaque pôle, on a

$$(2) \qquad \begin{cases} \log A = \bar{5},80368, \\ \log B = \bar{2},83950, \\ \log C = \bar{1},50114. \end{cases}$$

» Les calculs dont il est ici question se font à l'aide de ces formules et de la suivante, qui exprime l'action d'un pôle magnétique sur un élément ds de courant, faisant l'angle ω avec la distance ρ de l'élément au pôle,

$$(3) \qquad f = 0,97 \frac{m i ds \sin\omega}{\rho^2}.$$

» L'unité de magnétisme se trouve déterminée par cette formule, quand on sait que l'unité de longueur est *le décimètre*, l'unité de force *le décigramme à Paris*, l'unité de courant celui qui décompose 9 *milligrammes d'eau en une seconde*.

» La formule (3) sert à exprimer les forces électro-magnétiques en unités de poids, et, en particulier ici, à calculer l'action de l'électro-aimant sur le conducteur annulaire *de la balance électro-dynamique*.

» La constante 0,97 a une signification physique assez simple; elle est la force produite par un pôle qui possède l'unité de magnétisme sur un courant rectiligne indéfini, égal à l'unité, et situé à 2 décimètres du pôle.

» Avec la formule (1) on a

$$(4) \qquad m_0 = A(1 - B) \operatorname{arc\,tang} C = 3,75.$$

» La formule (8) de ma Note du 11 mars donnait 5,26 (et non 26,297, nombre imprimé par erreur). Je pense avoir fait varier r entre des limites assez écartées, pour que la nouvelle valeur attribuée à m_0 soit très-voisine de la vérité.

» Je propose d'appeler la constante m_0 *le magnétisme spécifique absolu du fer.*

» *Magnétisme d'un faisceau de fils de fer.* — 200 tiges de fer, ayant 42 centimètres de longueur et 3 millimètres de diamètre, ont été disposées en forme de faisceau tubulaire de 8 centimètres de diamètre extérieur. On a mesuré la quantité de magnétisme acquise par ce noyau dans des circonstances déterminées. Puis on a calculé, par la formule (1), le magnétisme d'un tube de fer massif, ayant même longueur, même diamètre extérieur et même poids que le faisceau de fils, les autres circonstances restant les mêmes. Le magnétisme du tube a été trouvé plus grand que celui du faisceau; leur rapport était $\frac{19}{16}$.

» *Magnétisme du fer déposé par électrolyse.* — J'ai fait déposer dans l'atelier de M. Jacquin $34^{gr},29$ de fer sur la surface extérieure d'un cylindre de cuivre ayant 42 centimètres de long et 8 centimètres de diamètre. Ce cylindre servant de noyau, j'ai observé une force électro-magnétique de 16 centigrammes dans des circonstances déterminées. Calculant ensuite cette force à l'aide des formules (1), (2) et (3), j'ai trouvé $0^{gr},167$. Ainsi notre formule s'applique à une couche de fer obtenue par électrolyse et ayant $0^{mm},04$ d'épaisseur.

» Comme cette formule a été déduite d'observations faites sur le fer ordinaire laminé et forgé, son extension aux dépôts galvaniques prouve que la structure du fer n'a pas beaucoup d'influence sur le magnétisme temporaire.

» Il n'en est pas de même du magnétisme permanent. J'ai constaté, après M. Faye, que les dépôts galvaniques ont une assez grande force coercitive.

» *Magnétisme du nickel.* — M. Gaiffe m'a préparé un cylindre de cuivre recouvert de nickel par voie galvanique. Ce cylindre a les mêmes dimensions que le précédent; avec 70 grammes de nickel, ayant une épaisseur moyenne de $0^{mm},0748$ et dans les mêmes circonstances que précédemment, on a observé une force électromagnétique de 4 centigrammes. Si l'on calcule la force électromagnétique d'une couche de fer de même épaisseur, dans les mêmes circonstances, en se servant des formules (1), (2) et (3), on trouve $33^{cgr},32$; d'où il résulte que le magnétisme du nickel serait $\frac{1}{8}$ de celui du fer.

» Certaines particularités se sont présentées dans le dépôt galvanique du nickel, qui peuvent exercer une influence sur le magnétisme observé. Lorsqu'on eut déposé 30 grammes de métal sur le cylindre de cuivre, ce qui correspond à une épaisseur de $0^{mm},03$ environ, on craignit que l'adhérence des nouvelles couches sur les anciennes ne fût pas suffisante, et l'on déposa sur le nickel une mince couche de cuivre.

» Cette couche mit en évidence la structure du dépôt. Le sel de cuivre de l'électrolyte, pénétrant dans le dépôt par des fissures invisibles, et subissant sans doute une action *électrocapillaire*, le cylindre parut sillonné de nombreuses lignes transversales, espacées de quelques millimètres seulement. On reconnaissait ainsi que la couche de nickel était fendillée transversalement, ce qui peut s'expliquer par la structure cristalline de ce métal, dont les aiguilles cesseraient d'adhérer à la surface du cylindre dès que leurs dimensions sont assez grandes.

» Pour continuer le dépôt du nickel et éviter ce fendillement, nous procédâmes par couches alternatives de cuivre et de nickel jusqu'à ce que le poids total de ce dernier métal fût 70 grammes.

» La couche de 30 grammes ayant donné une force électromagnétique de 2 centigrammes, la couche totale donna 4 centigrammes; mais ces mesures ne sont pas assez précises pour qu'on puisse en conclure quelque chose relativement à l'aimantation des deux sortes de couches. Il y a là une question intéressante, que je me propose d'étudier par une autre méthode susceptible d'une plus grande précision.

» Je dois faire remarquer que les dépôts métalliques, obtenus par électrolyse, sont très-complexes, soit par leur structure, soit par leur composition chimique, lesquelles dépendent de la nature de l'électrolyte et des circonstances du dépôt. Les nombres précédents se rapportent donc aux circonstances spéciales dans lesquelles j'ai opéré. »

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constitution des sels acides en dissolution.* Note de M. Berthelot.

« 1. Examinons pourquoi la formation d'un bisulfate dissous, qui est une combinaison chimique véritable, se traduit par une absorption de chaleur, contrairement aux analogies. C'est que plusieurs effets se succèdent dans cette réaction, le phénomène dominant, c'est-à-dire la formation du bisulfate, envisagé en soi et à l'état pur, produisant réellement un dégagement de chaleur considérable.

» 2. Le calcul thermique de cette formation repose sur les données suivantes, déterminées entre 22 et 24 degrés.

» 1° D'après mes expériences, la dissolution de SO^4K (1 partie de sel + 50 parties d'eau) absorbe pour 1 équivalent de sel . . . . . . $-3^{cal},02$.
La solution du même sel dans $11\frac{1}{2}$ parties d'eau, faite à l'avance, absorbe, lorsqu'on l'étend ensuite avec son volume d'eau. . . . . $-0^{cal},11$.
L'addition d'un nouveau volume d'eau. . . . . $-0^{cal},04$.
La solution dans $11\frac{1}{2}$ parties d'eau, étendue avec 5 volumes d'eau, absorbe environ . . . . $-0^{cal},16$.

» 2° $SO^4H + 110H^2O^2$, d'après Thomsen. . . . . $+8^{cal},54$.
J'ai trouvé que cette solution, étendue avec son volume d'eau, dégage . . . . $+0^{cal},14$
Si l'on ajoute à la liqueur diluée précédente 5 volumes d'eau . . . . $+0^{cal},19$ } $+0^{cal},33$.

» 3° S^2O^8KH (1 partie de sel + 50 parties d'eau). J'ai trouvé, pour 1 équivalent . . . . $-3^{cal},27$.
A la solution précédente on ajoute 1 partie de sel. . . . . $-3^{cal},72$,
c'est-à-dire que 1 partie de sel + 25 parties d'eau absorbent. . $-3^{cal},50$.

» On voit que la dissolution de ce sel absorbe d'autant plus de chaleur que la quantité d'eau est moindre, ce qui concorde avec le développement de chaleur produit par la dilution de ladite dissolution.

» 4° Soit le système initial SO^4H (1 éq. = 2 lit.) et SO^4K (1 éq. = 2 lit.), et le système final $[SO^4H + SO^4K]$ (1 éq. = 4 lit.)

» On peut passer de l'un à l'autre suivant deux marches différentes :

Première marche : On mélange simplement les deux liqueurs . . . . $-1^{cal},04$

Seconde marche :	On sépare SO^4H de la dissolution	$-8,54$
	On sépare SO^4K	$+2,98$
	On combine, à l'état anhydre, $SO^4K + SO^4H$	x
	On dissout S^2O^8KH	$-3,48$
	Somme	$-9,04 + x = -1^{cal},04$

$$x = +8,0.$$

» Telle est la quantité de chaleur dégagée dans la formation du bisulfate de potasse à la température de 23 degrés. Celle du bisulfate de soude, avec le sulfate de soude anhydre, dégagerait + 8,2, d'après un calcul que je tire des anciennes données de Graham relatives aux chaleurs de dissolution. La formation des composés potassique et sodique, à l'état cris-

tallisé et par des réactions pareilles, dégage donc à peu près la même quantité de chaleur, relation qui s'applique à bien d'autres réactions.

» 3. D'après le calcul précédent, il est facile de comprendre pourquoi la formation des bisulfates dissous donne lieu à du froid au lieu de chaleur : c'est à cause de la succession, ou plutôt de la coexistence, de plusieurs réactions de signe contraire, les réactions endothermiques étant la séparation entre l'eau et l'acide sulfurique et la dissolution du bisulfate. Inversement la dilution d'une solution de bisulfate dégage de la chaleur, principalement à cause de la mise en liberté d'une certaine proportion d'acide, produit par le dédoublement partiel du sel, et qui réagit à mesure sur l'eau, en présence de laquelle il prend naissance. C'est en vertu d'une succession analogue, mais plus complexe encore, que l'acide sulfurique, préalablement étendu avec une certaine quantité d'eau, et le sulfate de soude cristallisé donnent lieu à un froid considérable, capable d'abaisser la température de — 28 degrés, dans les conditions les plus favorables. En effet, pendant cette dernière réaction, la séparation chimique entre le sulfate de soude et son eau de cristallisation, la séparation entre l'acide et l'eau qui lui était combinée, enfin la dissolution du bisulfate formé dans l'eau mise en liberté concourent au refroidissement.

» 4. Dans tous les cas, la formation du bisulfate alcalin est le phénomène dominant, accompli avec dégagement de chaleur, et dont l'accomplissement détermine et règle toutes les autres. Je vais en poursuivre les conséquences dans l'étude des actions exercées par les acides chlorhydrique et azotique sur les sulfates neutres. Mais auparavant j'ai désiré approfondir les phénomènes d'hydratation et de décomposition qui se produisent dans l'acte de la dissolution, en comparant le bisulfate de potasse anhydre avec le bisulfate hydraté.

» 5. J'ai d'abord cherché à préparer le premier sel en suivant les indications des Traités : En prenant la dose d'acide égale à 1 ou $1\frac{1}{2}$ équivalent, on prépare un sel cristallisé en prismes aiguillés très-déliés, auquel on attribue la formule S^2O^7K. J'ai obtenu en effet ce sel, qui est très-beau et très-bien défini ; mais je n'ai pas vérifié le singulier phénomène que sa formation présenterait, à savoir la formation d'un sel anhydre en présence d'un léger excès d'acide, composé qu'un plus grand excès d'acide changerait en sel hydraté. En effet ce sel précédent n'est pas un bisulfate anhydre. Séché à 120 degrés, il a fourni à l'analyse

SO^4K	69,8
SO^4H	30,7

» Le premier nombre n'est pas éloigné de la composition d'un bisulfate anhydre, ce qui aura occasionné l'erreur que je relève; mais le second répond à la composition suivante : $4SO^4K + 3SO^4H$.

» D'après cette composition, il est facile de comprendre pourquoi un excès d'acide change ce sel en bisulfate rhomboédrique. On voit en même temps que les équilibres divers qui caractérisent l'état de dissolution peuvent se traduire par la formation de composés définis intermédiaires.

6. Pour préparer le véritable bisulfate anhydre, j'ai fait agir l'acide anhydre sur le sulfate de potasse sec et j'ai fondu le sel résultant au bain d'huile, vers 180 degrés, dans un courant d'acide carbonique sec. La masse obtenue offrait très-exactement la composition S^2O^7K.

7. 1 partie de ce sel, mise en présence de 40 parties d'eau, s'y dissout aisément, avec des phénomènes thermiques très-caractéristiques. La dissolution a lieu d'abord avec un refroidissement notable, et qui s'est élevé jusqu'à $-1,91$ pour un équivalent de sel; mais ce nombre varie d'une expérience à l'autre, parce qu'on n'a pas le temps d'opérer la dissolution totale du sel sans le décomposer. En effet, au bout d'une minute environ, le thermomètre remonte et l'on observe un réchauffement, d'abord rapide, puis plus lent, et qui devient inappréciable au bout de cinq ou six minutes. Il s'élève alors en tout à $+0,58$ pour 1 équivalent de sel (à partir du moment qui précède le début de la dissolution).

» Ces deux effets contraires représentent, ce me semble : le premier, la *dissolution pure et simple du bisulfate anhydre;* et le second, *sa combinaison avec l'eau.* Cette combinaison est loin d'ailleurs d'être terminée au bout de quelques minutes. En effet, ayant ajouté, aussitôt après avoir pris les mesures précédentes, 1 équivalent de potasse à la liqueur, de façon à tout changer en sulfate neutre, j'ai obtenu un dégagement de $+17,11$.

» Si j'avais opéré sur une solution équivalente de bisulfate hydraté, j'aurais dû obtenir $+16,24$ (1). La différence $17,11 - 16,24 = 0,87$ doit donc s'ajouter à $+0,58$, ce qui fait $+1,45$ pour la chaleur dégagée, lorsque le bisulfate anhydre est changé en bisulfate dissous. On voit que la transformation est progressive, même au sein de la dissolution : ce sont là des circonstances analogues à celles que nous avons signalées, M. Lougui-

---

(1) Le bisulfate de potasse hydraté, au moment qu'il vient d'être dissous, fournit par la potasse exactement la même quantité de chaleur qu'un mélange équivalent des solutions de sulfate de potasse et d'acide sulfurique : la liqueur atteint donc aussitôt son état d'équilibre. Au bout d'une semaine, on a encore le même chiffre.

nine et moi, dans le changement de l'acide acétique anhydre en acide hydraté, et dans la réaction du bromure butyrique sur l'eau.

» 8. Calculons maintenant la chaleur dégagée dans la combinaison de l'acide sulfurique anhydre avec le sulfate de potasse sec, pour former le bisulfate anhydre $SO^3 + SO^4K = S^2O^7K$.

Système initial : Acide anhydre, sulfate sec et eau (4 litres environ).

Système final : Bisulfate hydraté en dissolution.

Première marche :	$SO^3 + SO^4K = S^2O^7K$ dégage..........	x
	$S^2O^7K + HO + Aq = S^2O^8KH$ dissous...	$+1,45$
	Dilution, environ	$+0,11$
		$x + 1,56$

Seconde marche : SO^3 + eau ; SO^4K + eau ; puis action réciproque.

» J'ai déterminé de nouveau la chaleur dégagée dans la réaction de l'anhydride sulfurique sur l'eau, les nombres de M. Hess (20,4) et de M. Abria (17,6 à 18,0) étant peu concordants. J'ai trouvé

1 partie d'acide sulfurique anhydre + 400 parties d'eau, pour SO^3...	$+18,70$
» + 172 » ...	$+18,60$

nombres voisins de ceux de M. Abria, mais qui sont encore un peu faibles, parce que je n'ai pas réussi à éviter la formation de traces de vapeurs acides échappées du calorimètre. On a donc

SO^3 + eau	$+18,65$
SO^4K + eau	$-2,98$
Réaction $SO^4H + SO^4K$....	$-1,04$
Somme.....	$+14,63$

» Donc $x = 14,63 - 1,56 = +13,0$, chaleur dégagée lorsque $SO^3 + SO^4K$ forment S^2O^7K solide.

» L'hydratation de ce sel $S^2O^7K + HO = S^2O^8KH$ dégage $+5,0$, ou la moitié de la chaleur dégagée par $SO^3 + HO = SO^4H$, soit 10,1. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les carbures pyrogénés de Péchelbronn (Bas-Rhin).* Note de **M. J.-A. Le Bel.** (Suite.)

« En traitant par l'acide iodhydrique à chaud la portion de ce carbure qui passait entre 30 et 40 degrés, et qui contient de l'amylène et son hydrure, on obtient, comme je l'ai fait voir dans un précédent Mémoire, l'iodhydrate d'un amylène qui paraît être l'éthyl-allyle ; mais, outre le pro-

duit iodé qui passe à 145 degrés, on trouve une certaine quantité d'iodure qui s'étage entre 130 et 145 degrés. Après plusieurs distillations qui avaient pour but de rechercher l'iodhydrate de butylène que le produit pouvait contenir, on a analysé les premières parties qui continuaient à passer à 130 degrés et qui fournirent exactement les chiffres de l'iodure d'amyle. Une très-faible quantité, passant entre 120 et 130 degrés, a donné à l'analyse une proportion d'iode moindre, on n'avait donc point d'iodhydrate de butylène. Il était évident dès lors que le carbure employé contenait deux amylènes isomères dont les iodhydrates bouillaient, l'un à 145 degrés, l'autre à 130.

» Le moyen de les séparer a été trouvé par hasard; on avait préparé du chlorhydrate d'amylène par l'action de l'acide chlorhydrique *à froid*. Ce composé, bouillant à 87 degrés, se rapprochait déjà par là du chlorhydrate de l'amylène d'huile de pommes de terre; on l'a transformé en iodhydrate bouillant à 130 degrés, et en isoalcool bouillant à 105 et 107 degrés: on avait donc isolé l'un des deux amylènes. Comme vérification, après le traitement à froid, on a chauffé au bain-marie et en vase clos avec l'acide chlorhydrique concentré, et on a eu un chlorhydrate passant vers 95-96 degrés, correspondant à l'éthyl-allyle.

» Ce moyen de séparation relativement facile a été appliqué aux carbures passant entre 60 et 70 degrés; l'on a réussi à séparer deux chlorhydrates d'hexylène bouillant, l'un à 111-113 degrés, l'autre préparé à chaud bouillant à 121-122 degrés.

» L'acide iodhydrique a fourni les mêmes résultats; néanmoins la réaction est trop énergique, et on a de la peine à empêcher la température de s'élever; du reste le prix de ce réactif et l'instabilité des iodhydrates, surtout de celui d'hexylène, doivent faire préférer l'acide chlorhydrique. Les chlorhydrates se prêtent tout aussi bien aux transformations que les iodhydrates, quand il s'agit de les convertir en isoalcools.

» Comme on disposait de quantités assez importantes d'héxylène, on a essayé de vérifier si on pouvait passer à l'isoalcool par l'intermédiaire de l'acide sulfurique. La possibilité de cette transformation annoncée par M. Berthelot, puis contestée, a été vérifiée successivement pour le butylène et l'amylène. Avec l'hexylène, elle est excessivement difficile; car, dès que la température s'élève un peu, tout le carbure se polymérise. On n'a pu réussir qu'en faisant passer un courant très-lent de carbure par un tube fin pénétrant dans une petite boule de verre renfermant de l'acide sulfurique à 66 degrés B., et plongée elle-même dans un mélange réfrigérent.

On avait disposé consécutivement plusieurs de ces barbotteurs qui ont fourni une quantité assez notable d'un composé sulfoconjugué. Celui-ci a été décanté, puis décomposé par addition d'eau ; la couche huileuse séparée de l'eau acide a été séchée et rectifiée. On a eu du dihéxylène bouillant au-dessus de 160 degrés et un tiers environ d'isoalcool héxylique bouillant de 135 à 140 degrés. L'analyse a donné un faible excès de carbone, dû à la présence d'une petite quantité de carbure d'hydrogène ; le corps avait du reste l'odeur caractéristique des isoalcools amylénique et hexylénique, faits par la méthode ordinaire, et il était sensiblement soluble dans l'eau.

» Cette transformation rend probable l'existence d'un acide sulfoconjugué analogue à l'acide éthylsulfurique ; seulement il est décomposé par l'eau et à plus forte raison par les alcalis, et ne peut former de sulfosels ; la non-existence du sulfosel paraît caractéristique pour les isoalcools.

» Ce travail a été fait au laboratoire de M. Wurtz. »

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la fabrication des matières colorantes dérivées de l'aniline*. Note de **MM. Ch. Girard** et **G. de Laire**, en réponse à une Communication récente de M. *Lauth*.

« Dans une Note insérée aux *Comptes rendus de l'Académie*, le 8 juillet, M. Lauth nous reproche d'avoir qualifié de méthode nouvelle le procédé qui consiste à oxyder les monamines secondaires aromatiques ou aromatiques et alcooliques, pour obtenir directement les triamines colorantes substituées. Pour motiver ce reproche, M. Lauth rappelle que, dès 1861, il avait publié le fait de la production d'une matière colorante violette par l'oxydation de la méthyl-aniline.

» Nous sommes bien éloignés de vouloir contester ou diminuer en rien les travaux de M. Lauth, au mérite et à l'utilité desquels nous rendons justice autant que personne ; mais qu'il nous soit permis de dire que, dans le Mémoire qu'il a cité, il s'est borné à l'observation d'un fait particulier, qu'il déclare sans importance industrielle, et qu'il n'en a point tiré de conséquences générales, ni cherché à en déduire une méthode pour la production des triamines colorantes substituées.

» C'est, au contraire, ce que nous nous sommes attachés à faire, et ce à quoi nous sommes parvenus, croyons-nous : 1° en donnant une méthode simple et générale pour la production des monamines secondaires ; 2° en constatant la généralité du fait de leur transformation en triamines colorantes substituées par élimination d'hydrogène.

» Mais il est bien évident que nous n'avons nullement la prétention de nier l'importance des faits particuliers, antérieurement ou même postérieurement acquis sur ce sujet. Nous savons, au contraire, rendre la justice aux recherches des observateurs qui nous ont précédés, comme MM. G. Williams, Lauth, Hofmann, et à celles de ceux qui nous ont suivis, comme MM. Bardy et Poirrier, dont le mérite est incontestable (1).

» M. Lauth nous reproche également d'avoir exagéré les dangers de la fabrication de la rosaniline par l'acide arsénique. Nous croyons n'avoir rien exagéré, et, pour le prouver, il nous suffira de rappeler, entre autres procès occasionnés par l'empoisonnement arsénical du sel ou des eaux, ceux qu'ont eus à Bâle et à Zurich MM. Muller, Gagy et Poirrier, dont l'habileté comme fabricants est reconnue. »

GÉOLOGIE. — *Étude des dégagements gazeux de Santorin pendant la fin de l'éruption de* 1866. Note de **M. Gorceix**, présentée par M. Ch. Sainte-Claire Deville.

« Dans deux Notes précédentes, j'ai résumé les observations que j'ai pu faire à Santorin à différentes époques, de 1869 à 1871. Les nombreux dégagements gazeux qui se trouvent autour du volcan de cette île ont été l'objet de quelques analyses faites, soit sur place, soit à l'École française.

12 avril 1870.	Fumerolle M à 200 mètres du cône Georges (T = 115°).	Fumerolle N sur le revers du ravin qui sépare le cône Georges de la coulée de Lave (T = 110°).
Acide chlorhydrique	19,4	1,0
Acide sulfureux	12,0	0,4
Acide carbonique	68,5	98,5
	99,9	99,9

Le dosage a été opéré au moyen d'une liqueur de potasse, où l'on avait fait passer le gaz. La quantité d'acide carbonique doit être un peu trop faible.

(1) MM. A. W. Hofmann, 1850, *Annales de Chimie et de Pharmacie.*
Greville Williams, 30 avril 1859, *Patente anglaise* n° 1090,
Lauth, 1861, *Répertoire de Chimie,*
Ch. Girard et G. de Laire, mars 1866, *Brevet,*
Bardy et Poirrier, juin 1866, *Id.,*
Lauth, décembre 1866, *Id.*

Seconde analyse (12 avril 1870). Fumerolle N.

$\left.\begin{array}{l} Co^2 \\ Hcl \\ So^2 \end{array}\right\} = 28,4.$ Oxygène $= 14$. Azote $= 57,3$.

» *Port de Vulcano.* — Le port de Vulcano est le siége de nombreux dégagements gazeux, ayant lieu au milieu de courants d'eau chaude, salée, prenant des teintes jaune ou rouge, et laissant déposer une couche épaisse de rouille.

	Port de Vulcano, pris de la Chapelle catholique. Eau salée avec dépôt de rouille.										Port Georges. L'eau est légèrement laiteuse.		Port St Nicolas T Eau = 30 Air = 24
	24 déc. 1869. T = 60	25 déc. 1869. T = 50	9 avril 1870. T = 54	12 avril 1870. T = 55	13 avril 1870. T = 49	13 avril 1870. T = 49	13 avril 1870. T = 49	13 avril 1870. T = 49	22 juin 1870. T = 49	14 oct. 1871. T = 49	9 avril 1870. T = 19	23 avril 1870. T = 19	21 mai 1870.
Acide sulfhydrique...	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	Traces	Traces	»
Acide carbonique....	90,0	89,6	79,1	87,0	77,3	71,5	75,6	84,7	97,1	95,9	96,2	98,8	97,6
Oxygène...	0,9	0,9	0,5	»	»	»	»	»	»	0,5	0,2	0,4	0,4
Azote..............	9,1	9,4	20,4	13,0	22,6	28,5	24,4	15,3	2,9	3,4	3,5	1,8	1,9
Hydrog. protocarboné.	Plusieurs essais en ont indiqué des traces. Au 12 avril, le gaz en contenait 0,3.										Traces		0,1
Hydrogène..........	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	100,0	99,9	100,0	100,0	99,9	100,0	100,0	1,000	1,000	99,8	99,9	100,0	100,0

» Ces dégagements ont lieu en deux points principaux : 1° dans la mer, à peu de distance de l'ancien quai; 2° au fond d'une petite anse qui s'avance jusqu'au pied du cône Georges, à peu de distance de la petite chapelle catholique.

	24 octobre 1869. T = 30°.	25 décembre 1869.	9 avril 1870. T = 28°.	9 avril 1870. 2e essai.	12 avril 1870.	23 avril 1870. T = 46°.	21 mai 1870.
Acide carbonique......	86,0	Le dégagement	43,7	52,1	37,5	78,0	Dégag.
Oxygène.............	1,0	a	2,7	2,0	1,7	0,5	presque
Résidu ne brûlant pas..	13,0	disparu.	53,6	46,9	60,8	21,5	nul.
	100,0		100,0	100,0	100,0	100,0	

» Au mois de juin, le dégagement n'existe plus. Au mois d'octobre 1871, l'eau ne coule plus et le dégagement n'a pas reparu.

» Le résidu, bien que n'ayant pu brûler, renfermait au 12 avril une petite quantité d'hydrogène protocarboné :

Acide carbonique	37,4
Azote	59,8
Oxygène	1,7
Hydrogène protocarboné	1,0
	99,9

» Les proportions de gaz combustible sont très-faibles; un seul gaz en renfermait des quantités notables, et il a été possible d'y reconnaître la présence de l'hydrogène libre. Il avait été recueilli au mois de décembre 1870, à la base du cône Georges. Il a pour composition :

Acide carbonique	63,3
Oxygène	6,5
Azote	28,6
Hydrogène protocarboné	0,5
Hydrogène	0,8

Gaz extrait de l'eau de mer recueillie sur la côte est de la coulée de 1861.

Acide carbonique	25,5
Oxygène	10,1
Azote	64,3
	99,9

» Comme au début de l'éruption dans les fumerolles acides, l'acide chlorhydrique est en proportion plus grande que l'acide sulfureux.

» L'abaissement de température coïncide avec une diminution dans les proportions de ces deux acides.

» Les gaz combustibles n'existent plus qu'en très-faible quantité dans les dégagements gazeux de Santorin. En 1870, l'hydrogène a totalement disparu, et l'hydrogène protocarboné seul subsiste encore. Dans la grande période d'activité du volcan, l'hydrogène au contraire dominait et formait la presque totalité des gaz combustibles. Son apparition correspond donc à un état plus actif du volcan, conclusion admise déjà par M. Fouqué. Dans les dégagements de Tulcano, du port Georges, du port Saint-Nicolas, les proportions d'acide carbonique augmentent à mesure que l'activité du cône central diminue, et ces dégagements semblent revenir à l'état où ils se trouvaient avant l'éruption de 1866, qui n'aura troublé que momentanément leur composition. »

MÉTÉOROLOGIE COSMIQUE. — *Chute d'un aérolithe dans la commune de Lancé, canton de Saint-Amand (Loir-et-Cher).* Note de M. DE TASTES, présentée par M. Ch. Sainte-Claire Deville.

« Le 23 juillet, entre 7 et 11 heures du matin, plusieurs groupes orageux avaient traversé le département d'Indre-et-Loire, et les manifestations électriques n'avaient atteint une intensité assez considérable que dans le canton de l'Ile-Rouchard. A $5^h 25^m$ (temps moyen de Tours), le ciel ne présentait plus trace, dans toute l'étendue du département, de nuages orageux; le soleil brillait, à peine voilé de temps en temps par de légers cirro-cumuli; la brise, qui soufflait depuis l'orage du sud-sud-ouest, était complétement tombée, lorsqu'une violente détonation, suivie d'un roulement prolongé, se fit entendre dans la direction du nord-est. Beaucoup de personnes, encore sous l'influence des souvenirs orageux de la matinée, crurent à un coup de tonnerre. Je me trouvais alors sur le canal de jonction du Cher à la Loire. Dans l'isolement et le silence le plus complet, cette détonation ressemblait à celle d'une pièce de canon de fort calibre, tirant à une distance de 3 kilomètres, et qui aurait été suivie d'un feu roulant de mousqueterie, prolongé pendant 30 à 40 secondes. Bien que cette explosion ait produit sur moi un singulier sentiment de constriction dans la région précordiale, sentiment que je n'avais jamais éprouvé et que j'attribuai d'abord à un effet de choc en retour, l'aspect du ciel excluait toute idée de décharge électrique. A Tours, où l'explosion avait été entendue, on parlait d'explosion de poudrière, de mines, de locomotives, et les rumeurs les plus variées circulaient dans le public.

» Le lendemain, les renseignements de nos correspondants des communes commencèrent à me parvenir : l'explosion avait été entendue dans presque toute l'étendue du département, mais son intensité allait croissant à mesure qu'on s'approchait des limites nord-est du département; les communes de Monthodon, Neuville, Châteaurenaut, Beaumont-la-Ronce, Dammarie avaient été terrifiées par une explosion épouvantable, faisant trembler le sol et les maisons ; on parlait d'un petit nuage de fumée qui s'était produit dans la direction de Saint-Amand (Loir-et-Cher), au moment où le bruit s'était fait entendre. Il s'agissait évidemment de l'explosion d'un bolide. Si le phénomène se fût produit pendant la nuit, il eût été d'une rare magnificence, et les témoins oculaires abonderaient; mais, produit à $5^h 30^m$ du soir, au sein d'une atmosphère éclairée par un beau soleil, il n'a pu frapper qu'un petit nombre d'observateurs, qui, par hasard, avaient dans ce moment leurs regards tournés vers le ciel.

» A $5^h 20^m$, un propriétaire cultivateur du canton de l'Ile-Bouchard (1), se trouvant dans la campagne, entre Champigny et Brisay (*voir* la carte ci-jointe), frappé d'un redoublement subit de l'intensité de la lumière, leva les yeux et vit passer au-dessus de lui (je cite textuellement les termes de sa lettre) *une lance de feu se dirigeant avec une vitesse énorme du sud-ouest au nord-ouest..... Ce météore parut se dédoubler en deux boules du côté de la pointe de la lance; un des globes parut s'incliner et l'autre se redresser; il sembla alors que la flèche lumineuse s'enfonçait dans un nuage du côté de Sainte-Maure..... Je regardai immédiatement à ma montre : il était $5^h 20^m$; la couleur était aurore orangée,*

(1) M. Mestayer.

un peu plus brillante au moment de la séparation des deux globes. Je ne pensais déjà plus à mon météore, lorsque j'entendis un coup sec, sans écho, dans la direction de Tours. Je pensai que ce pouvait etre le bruit de l'explosion du météore; je consultai ma montre : il était $5^h 26^m$ *; six minutes s'étaient donc écoulées entre la disparition et le coup sec que je venais d'entendre.*



A, point où le météore a été signalé par M. Mestayer. — B, lieu de la chute de l'aérolithe.

Nota. — On a inscrit sur cette carte les noms des communes où des renseignements relatifs aux bolides du 23 juillet ont pu être recueillis.

» L'observateur ajoute cette remarque très-judicieuse que l'apparence de lame de feu, ou de fusée est due à la persistance des impressions lumineuses sur la rétine, et qu'il s'agit, non d'une lame de feu, mais d'un corps lumineux marchant très-vite. J'ajouterai que l'effet de la prétendue bifurcation est dû également à une illusion. Il s'agit de deux corps lumineux, très-rapprochés et marchant très-vite; au moment où ils passent au-dessus de l'observateur, il ne distingue qu'un sillon lumineux, mais, lorsqu'ils s'éloignent de lui, leur déplacement angulaire, devenant de moins en moins rapide, arrive à être presque nul, et l'œil peut percevoir les deux objets distants.

» Ceci n'est point une supposition purement théorique. L'instituteur de Thilouze m'écrit qu'il a vu distinctement passer dans le sud du bourg deux corps lumineux, *comme deux*

flammes de chandelle, marchant parallèlement avec une grande vitesse du sud-ouest au nord-est. Mais voici un témoignage encore plus précis : Le chef d'une importante usine métallurgique de Tours, M. Fusciller, étant assis dans un jardin et les yeux fixés par hasard vers le ciel, voit passer au sud de Tours, mais assez près du zénith, deux corps lumineux, marchant parallèlement à une hauteur qu'il évalue à environ 50 mètres, et ayant la forme d'une espèce de bouteille, qu'on pourrait encore comparer aux larmes symboliques des tentures funèbres. Leur couleur est orangée, le sommet tire sur le blanc d'argent. L'observateur évalue leur dimension ainsi qu'il suit, non en dimension apparente, mais en dimension absolue : 2 décimètres de diamètre horizontal dans la partie la plus large sur 4 décimètres de hauteur. Cette appréciation, si difficile à faire lorsqu'on voit à une distance inconnue un objet de dimension également inconnue, me paraît erronée.

» A Tours, la vitesse du double météore est évidemment ralentie : M. Fusciller l'évalue à celle d'un train express.

» Ces détails, quoique bien incomplets, ne me laissant aucun doute sur l'existence d'un double bolide, dont l'explosion a dû se produire à peu de distance de la limite nord-est de notre département et sur le territoire de Loir-et-Cher, je suis parti ce matin, 27 juillet, pour Château-Renaut, où j'ai appris que l'explosion a eu lieu à une faible distance de Saint-Amand, et qu'un volumineux aérolithe est tombé dans un champ situé près de la limite de la commune de Lancé et de Saint-Amand. Il s'est enfoncé à $1^{m}\,50^{c}$ dans le sol, il a traversé tout le terrain meuble et s'est arrêté au tuf formé d'une marne calcaire ; on l'a extrait de la terre et transporté à la mairie de Saint-Amand. Je me suis immédiatement rendu à ce petit chef-lieu de canton, où j'ai pu contempler le curieux météorite. J'ai reconnu la justesse de la description de M. Fusciller. L'explosion a détaché la partie inférieure de la bouteille, qui est tombée tout d'une pièce sur le sol et s'est fendue en trois morceaux qui se sont séparés lorsqu'on a voulu l'extraire du trou. (On les a réunis depuis, à l'aide d'une ceinture de corde.) La partie supérieure, réduite en menus fragments, s'est dispersée ; on retrouvera ces fragments dans les champs de blé après la moisson.

» Les témoignages de MM. Mestayer, Benoist de Thilouse et Fusciller ne laissent aucun doute sur l'existence de deux météores distincts et cheminant parallèlement à une faible distance l'un de l'autre. Maintenant ont-ils éclaté simultanément, ou l'un deux a-t-il continué sa route pour aller éclater plus loin ? C'est ce qu'il est difficile de décider. Cependant plusieurs personnes affirment avoir entendu deux explosions, presque simultanées, mais cependant distinctes ; d'autres, et c'est le plus grand nombre, n'ont entendu qu'une seule explosion. Le fragment recueilli à Lancé est évidemment la partie inférieure de l'un des bolides, ce qu'on pourrait appeler le culot de la bouteille.

» En rapprochant les dimensions indiquées de la description donnée par M. Fusciller, on est fortement tenté de conclure que les météores étaient à une faible hauteur au moment où ils ont passé sur Tours, et qu'ils suivaient une trajectoire presque parallèle au plan de l'horizon. Quant à la vitesse moyenne pendant la traversée du département, on peut la déduire approximativement de l'observation de M. Mestayer ; la distance qui sépare le lieu où se trouvait cet observateur du lieu de l'explosion est de 80 kilomètres, et, montre en main, il a compté six minutes entre l'apparition du météore et l'audition du bruit. Ces 360 secondes sont la somme du temps employé par le bolide à parcourir 80 kilomètres et du

temps employé par le son à parcourir le même trajet, ce qui fournit la relation

$$360'' = \frac{80,000^m}{V} + \frac{80,000}{340}; \quad \text{d'où} \quad V = 640^m. \text{ »}$$

A 5 heures, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 6 heures et demie. É. D. B.

ERRATA.

(Séance du 8 juillet 1872.)

Page 67, ligne 9, *au lieu de* porte sur son bord sept traits transparents comprenant six divisions dont la largeur correspond à cinq divisions du disque mobile, de sorte que ce second disque..., *lisez* porte sur son bord six traits transparents comprenant des divisions dont la largeur est telle que ce second disque....

(Séance du 15 juillet 1872.)

Page 159, ligne 14, *au lieu de* ne sont pas, *lisez* n'étaient pas.

(Séance du 22 juillet 1872.)

Page 189, ligne 28, *au lieu de* disparition, *lisez* disposition.